



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO PARA AUMENTAR LA CONFIABILIDAD EN INCONFORMIDADES DE DISTRIBUCION

Que para obtener el grado de

MAESTRO EN INGENIERÍA CON OPCIÓN TERMINAL EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Presenta:

Fernando Ramírez Rugerio

Director de tesis:

Dr. Juan Carlos Escamilla Sánchez

Codirector de tesis:

Dr. José Isrrael Rodríguez Mora,

Puebla, Pue

Mayo 2024

Dedicatoria

A Dios

Por permitir cumplir cada uno de mis propósitos, así como todas las bondades y oportunidades recibidas; y por concederme el privilegio de compartir mis alegrías con mi amado padre, madre y seres queridos en estos maravillosos años.

A mi madre Alicia

Quién siempre me guía, aconseja y motiva con su inmenso amor, lo que me permite impulsarme a conseguir mis logros y objetivos.

A mi Padre Javier

Por estar siempre pendiente de mi persona y enseñar los buenos principios de disciplina, trabajo, esfuerzo y dedicación para cumplir mis planes en la vida.

A mis familiares

Por entregarme su cariño y confianza de manera incondicional.

Agradecimientos

Al Dr. Juan Carlos Escamilla Sánchez, por haber otorgado sus conocimientos, enseñanzas y experiencias en las asignaturas impartidas durante el periodo escolar.

Al Dr. José Israel Rodríguez Mora, por el tiempo dedicado a brindar asesoría en este trabajo de tesis

A mis Amigos y compañeros de CFE Distribución de la División Centro Oriente, por brindarme su amistad, respeto y amabilidad durante estos años de trabajo y estudio.

Gracias...

Índice de contenido

Capítulo 1. Fundamentación	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Planteamiento del problema	2
1.4 Justificación.....	3
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo general	4
1.5.2 Objetivo particular	4
1.6 Planteamiento de la Hipótesis	5
1.7 Alcances y metas	5
Capítulo 2. Marco Teórico	6
2.1 Conceptos básicos de redes eléctricas de distribución	6
2.1.1 Introducción a los sistemas eléctricos de distribución	6
2.2 Índice de inconformidades por cada mil usuarios distribución (IMUD).	8
2.3 Clasificación de inconformidades	8
2.4 Descripción del índice de inconformidades por cada mil usuarios de distribución (IMUD).....	13
2.5 Ruta típica para la atención de inconformidades por cada mil usuarios (IMU)	15
2.6 Aspectos legales de programas de mantenimiento.....	17
2.6.1 Definición de mantenimiento.....	18
2.6.2 Tipos de mantenimiento.....	18
2.6.2.1 Mantenimiento predictivo	18
2.6.2.2 Mantenimiento preventivo.....	19
2.6.2.3 Mantenimiento correctivo.....	20
2.6.3 Filosofía de los programas de mantenimiento en CFE	20
2.6.3.1 Programa anual de trabajo	21
2.6.3.2 Programa Trimestral de Trabajo	21
2.6.3.3 Programa Trimestral Predictivo + Preventivo (MABDE + MABCO).	21
2.6.3.3.1 Programa Mantenimiento Predictivo (MABDE)	22
2.6.3.3.2 Programa Mantenimiento Predictivo (MABCO)	22
2.7 Elaboración de programas de mantenimiento en redes de distribución	24
2.8 Modelos estadísticos	26
2.8.1 Estadística descriptiva	27
2.8.2 Estadística inferencial	27
2.9 Concepto de diagrama de Pareto	28
Capítulo 3. Marco metodológico	30
3.1 Análisis de inconformidades por cada mil usuarios de distribución (IMUD)	30
3.1.1 Análisis de Pareto de inconformidades por cada mil usuarios distribución (IMUD)	34
3.1.2 Análisis de Pareto causas de falla en sectores fuera.....	36

3.1.3 Análisis de colonias o poblaciones repetitivas	37
3.2 Acciones y estrategias de mantenimiento para inconformidades de distribución (IMUD).....	38
3.2.1 Evidencias de acciones y estrategias de mantenimiento para inconformidades de distribución (IMUD)	40
Capítulo 4 Resultados y conclusiones	50
4.1 Resultados de los programas de mantenimiento de inconformidades de distribución por cada mil usuarios de distribución (IMUD).....	50
4.2 Conclusiones.....	54
4.2.1 Recomendaciones	54
Referencias.....	55
Anexos.....	57

Índice de figuras

Figura 1. Resumen de un sistema eléctrico de distribución.	8
Figura 2. Sector Fuera	11
Figura 3. Deficiencias de voltaje.....	11
Figura 4. Falsos contactos	12
Figura 5. Improcedentes de distribución	12
Figura 6. Imagen adaptada del mapa conceptual de atención de inconformidades	16
Figura 7. Imagen Adaptada de la evolución del mantenimiento en 3 etapas que nos permitirán mejores decisiones en cuanto a optimización de recursos humanos y materiales.	23
Figura 8. Imagen adaptada sobre análisis, acciones y ejecución de mantenimiento	26
Figura 9. Imagen adaptada diagrama del principio de W. Pareto.....	28
Figura 10. Imagen del sistema inconformidades.....	30
Figura11. Histórico y evolutivo IMUD periodo enero marzo 2023	31
Figura12. Histórico y evolutivo IMUD periodo abril junio 2023.....	32
Figura13. Histórico y evolutivo IMUD periodo julio septiembre 2023	33
Figura14. Histórico y evolutivo IMUD periodo octubre diciembre 2023.....	34
Figura 15. Diagrama de Pareto inconformidades procedentes distribución	36
Figura 16. Diagrama de Pareto por causas de falla en sectores fuera	37
Figura 17. Análisis de colonias o poblaciones repetitivas	38
Figura 18. Cambio de cortacircuitos fusibles, apartarrayos y cambio de poste	41
Figura 19. Mantenimiento a sector por causa de descarga atmosférica en apartarrayos y árboles o ramas.....	42
Figura 20. Mantenimiento a sector por causa de salida por Aves/animales.....	43
Figura 21. Mantenimiento a sector por causa de salida por árboles o ramas	44
Figura 22. Mantenimiento a sector por causa de salida falso contacto	45
Figura 23. Mantenimiento a sector por causa de salida uso ilícito	46
Figura 24. Mantenimiento a sector por causa de salida objetos extraños.....	47
Figura 25. Gráfico de inconformidades de distribución comparativo valores meta y reales 2023 e histórico 2022	51
Figura 26. Inconformidades de distribución en valores meta y reales de manera acumulada.....	52
Figura 27. Sector fuera comparativo valores reales 2023 y 2022	53
Figura 28. Sector fuera acumulado comparativos valores reales 2023 y 2022	53

Índice de tablas

Tabla 1. Tensiones nominales en sistema de distribución.....	6
Tabla 2. Clasificación de inconformidades	9
Tabla 3. Inconformidades de distribución	35
Tabla 4. Inconformidades procedentes distribución	35
Tabla 5. Tablero de control.....	39
Tabla 6. Comparativo de mantenimiento programado y ejecutado.	40
Tabla 7. Registro de control sectores fuera.....	48
Tabla 8. Resumen general de actividades de mantenimiento	49
Tabla 9. Comparativo valores meta y reales periodo 2023	50
Tabla 10. Comparativos valores reales 2023 y 2022 en sectores fuera	52

Capítulo 1. Fundamentación

1.1 Introducción

La electricidad es una de las formas de energía más utilizada en la actualidad en todo el mundo. Sin ella, sería casi imposible de imaginar la vida como hasta hoy se conoce en las actividades cotidianas y procesos importantes de nuestro alrededor.

Por lo que la utilidad de la energía eléctrica, para fines industriales, comerciales y residenciales emplea una gran cantidad de maquinarias, materiales y equipos. Al conjunto de generadores eléctricos, transformadores de potencia elevadores, líneas de transmisión, transformadores reductores, subestaciones de distribución, circuitos o redes de distribución, transformadores de distribución y consumidores, se conoce como elementos y componentes de un sistema eléctrico.

En un sistema eléctrico, es esencial la distribución de la energía eléctrica a través de circuitos, redes de distribución y transformadores de distribución para ser suministrada a los clientes finales en media y baja tensión según se requiera. Con el incremento de usuarios, va asociado el crecimiento de las redes de distribución, incremento de demanda, y consumos de energía eléctrica en ciudades y poblaciones. Por lo que es de esperarse se presenten diferentes causas de fallas en los circuitos y redes de distribución, lo que propicia un reto importante para los distribuidores de energía eléctrica en continuar operando las instalaciones bajo los términos de calidad, confiabilidad y continuidad en el suministro de energía eléctrica.

En virtud de la importancia de fallas e interrupciones en el suministro de energía eléctrica en los circuitos y redes de distribución de Comisión Federal de Electricidad en la División Centro Oriente; en donde se ven afectados los clientes finales, se establece un plan de acción de mantenimiento para disminuir las quejas e inconformidades.

1.2 Antecedentes

Derivado de las fallas e interrupciones que se presentaron en los circuitos y redes de distribución de Comisión Federal de Electricidad en el ámbito de la División Centro Oriente en el periodo 2023, y a razón de un análisis de causa de falla e interrupciones se identifican las más representativas de acuerdo con lo siguiente: aislamiento flameado por descargas atmosféricas, fauna nociva, flora, disparos accidentales, y casos fortuitos o casos excepcionales. Lo que provoca el interés en los ingenieros de distribución para abatir las incidencias y controlar las interrupciones, quejas e inconformidades que se presentaron en las instalaciones.

En la actualidad en CFE, cuentan con manuales, instructivos y documentación institucional que homologan y estandarizan la forma de realizar mantenimiento en las redes de distribución, sin embargo, en la actualidad no se cuenta documentado los seguimientos y resultados sobre las estrategias de mantenimiento para inconformidades de distribución en el rubro de sectores fuera.

Es por esta situación que se implementan estrategias de mantenimiento que ayudan a disminuir interrupciones e incrementan la confiabilidad en las redes de distribución de Comisión Federal de Electricidad en el ámbito de la División Centro Oriente en apego al cumplimiento de las disposiciones administrativas de carácter general (DACG), que emite la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

1.3 Planteamiento del problema

Debido a las diferentes causas de fallas e interrupciones identificadas en los circuitos y redes de distribución, en el ámbito que conforman la División Centro Oriente de Comisión Federal de Electricidad, es necesario documentar e implementar acciones y estrategias de mantenimiento que ayuden a incrementar la calidad, confiabilidad y continuidad en el suministro de energía eléctrica.

Las principales áreas de oportunidad que se tienen para documentar acciones y estrategias de mantenimiento son:

- Área de oportunidad y seguimiento en las actividades prioritarias en mantenimiento a sectores fuera para la atención de causas de falla e interrupciones.

-
- Falta de una bitácora de registro para documentar los mantenimientos ejecutados en circuitos y redes de distribución.
 - Área de oportunidad en el análisis y estadísticos del comportamiento del indicador índice de inconformidades de distribución (IMUD).
 - Infraestructura deteriorada de la red eléctrica.

Por lo que, una vez establecido lo anterior y considerando los asuntos que se tienen actualmente, se mostrará una condición de contención y mejora reflejándose en el incremento de la calidad, confiabilidad y continuidad en el suministro de energía eléctrica entregado al cliente final.

1.4 Justificación

Para solucionar las problemáticas enunciadas anteriormente se aprovechará las Disposiciones Administrativas de Carácter General (DACG) que emite la Comisión Reguladora de Energía (CRE), donde establece los indicadores de confiabilidad aplicables a las Redes Generales de Distribución (RGD), de la Empresa Productiva Subsidiaria (EPS) CFE-Distribución de Comisión Federal de Electricidad, donde señala mantener la continuidad y confiabilidad en el servicio de energía eléctrica que brinda a los clientes.

Así pues, para este trabajo de tesis se realizará un análisis de inconformidades de distribución (IMUD), para identificar causas de falla e interrupciones, a través de instalaciones críticas o repetitivas, sectorización concentrada, ubicación de rutas críticas e identificación de poblaciones críticas, con la finalidad de contener y reducir las fallas e interrupciones, estableciendo programas de mantenimiento en las diez zonas de distribución que conforma la División Centro Oriente, de Comisión Federal de Electricidad.

Es por esta razón que se aplicará lo siguiente:

- Elaboración de un análisis de inconformidades de distribución (IMUD) trimestral del periodo 2023, que permita tomar decisiones en las actividades a implementar en las 10 zonas de Distribución que conforma la División Centro Oriente, de CFE.

-
- Establecer estrategias de mantenimiento con las 10 zonas de Distribución que conforma la División Centro Oriente, de CFE. Para la atención de los programas de mantenimiento en las redes de distribución y sectores fuera.
 - Empleo de un tablero de seguimiento para evaluar el mantenimiento efectuado y el comportamiento evolutivo respecto a las fallas e inconformidades de distribución

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es aumentar la calidad, confiabilidad y continuidad del suministro de energía eléctrica, mediante la aplicación de estrategias de mantenimiento para contener y reducir las inconformidades de distribución (IMUD) en las redes de distribución y sectores fuera.

1.5.2 Objetivo particular

El objetivo particular del presente trabajo de tesis son los siguientes:

- Establecer estrategias de mantenimiento para seguimiento de actividades y comportamiento operativo.
- Mejorar la continuidad y reducir interrupciones en el servicio de energía eléctrica.
- Contribuir en la mejora de estadísticos e históricos sobre la atención de fallas e inconformidades de distribución (IMUD).
- Proporcionar alternativas de solución para reducir fallas e inconformidades de distribución (IMUD).

Esto con el propósito de mejorar operativamente las instalaciones afectadas, además de brindar un mejor servicio de energía eléctrica a los clientes finales.

1.6 Planteamiento de la Hipótesis

Al analizar los datos e históricos de las causas de falla e interrupciones en las redes de distribución y sectores fuera, se otorga una priorización de acciones y mantenimiento integral para solucionar problemáticas por instalaciones repetitivas, por rutas y poblaciones críticas, lo que permitirá reflejar una mejora en los estándares de calidad, continuidad y seguridad, así como una buena percepción del cliente sobre el suministro de la energía eléctrica.

1.7 Alcances y metas

El alcance de las acciones y estrategias de mantenimiento en las redes de distribución y sectores fuera estará enfocado hacia las inconformidades de distribución (IMUD) con aplicación en las diez zonas de distribución que integran la División Centro Oriente de CFE, lo que beneficiará en la reducción de fallas e interrupciones en los circuitos y redes de distribución, siendo más eficientes y confiables en cuanto al suministro de energía eléctrica, evitando su repetición.

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1 Conceptos básicos de redes eléctricas de distribución

Para el distribuidor de energía eléctrica, la red eléctrica de distribución es un sistema de distribución conformado principalmente por subestaciones de distribución, alimentadores, redes de distribución, transformadores de distribución, redes de baja tensión, acometidas y clientes.

Las tensiones nominales en los sistemas de distribución se clasifican de acuerdo con la siguiente tabla:

Subtransmisión	69 kV, 85 kV, 115 kV y 139 kV
Media tensión	13.2 kV, 23 kV y 34.5 kV
Baja tensión	Hasta 1 kV

Tabla 1. Tensiones nominales en sistema de distribución

Para el caso de estudio de la presente tesis se mencionarán los niveles de media tensión 13.2 kV, 23 kV, 34.5 kV, sin embargo, nos enfocaremos en los niveles de baja tensión hasta 1 kV, los cuales se encuentran disponibles en las diez zonas de distribución que conforman la División Centro Oriente de Comisión Federal de Electricidad.

2.1.1 Introducción a los sistemas eléctricos de distribución

Un sistema eléctrico de distribución para su funcionamiento debe considerar los siguientes elementos:

Subestación de distribución: se define como un conjunto de equipos eléctricos y electromecánicos destinados a transformar normalmente a niveles de media tensión una infraestructura eléctrica, para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica.

Redes de distribución: es el conjunto de elementos eléctricos como aisladores, conductores, tipos de estructuras, postes, restauradores, regulador de tensión, banco de capacitores, cuchillas desconectadoras, seccionalizadores que transportan la energía eléctrica a lo largo de su trayectoria

Alimentadores: normalmente se le conoce como el circuito conectado a la subestación de distribución que suministra energía eléctrica a las redes de distribución o a los consumidores directamente.

Restaurador: es un equipo eléctrico de protección que tiene la función de operar ante condiciones de falla para restablecer el servicio de energía eléctrica, y que normalmente cuenta con ajustes para apertura y recierre en su configuración convencional.

Regulador de Tensión: es un equipo eléctrico cuya función primordial consiste en neutralizar las variaciones de voltaje y compensar las variaciones de voltaje que se producen en el sistema de distribución.

Seccionalizadores: es un equipo eléctrico de protección que automáticamente aísla secciones de redes de distribución que presentan fallas dentro de un sistema eléctrico. De manera específica no interrumpe corrientes de falla, solamente cuenta las operaciones del equipo de respaldo durante las condiciones de falla.

Banco de capacitores: son equipos eléctricos y su función principal es mejorar el bajo factor de potencia, regular la tensión del suministro además de reducir el flujo de corriente reactiva en instalaciones de distribución

Cuchillas seccionadoras: son equipos electromecánicos utilizados para abrir o cerrar un circuito eléctrico, para los fines de operación normal, mantenimiento o reparación.

Transformadores de distribución: es un equipo eléctrico que transforma la energía eléctrica normalmente de media tensión a baja tensión para emplearse a niveles comerciales y domésticos.

Redes de baja tensión: son elementos eléctricos, como aisladores, conductores, tipos de estructura, conectores y postes que transportan la energía eléctrica en niveles de baja tensión a lo largo de su trayectoria y que normalmente conectan a los clientes comerciales y domésticos.

Acometidas: es el conjunto de conductores y equipos de medición necesarios para llevar la energía eléctrica al cliente final.

Clientes: es la persona, empresa o comercio receptora del suministro de energía eléctrica.



Figura 1. Resumen de un sistema eléctrico de distribución.

2.2 Índice de inconformidades por cada mil usuarios distribución (IMUD).

En este tema se permite explicar el indicador de inconformidades por cada mil usuarios de distribución (IMUD), normalmente se utiliza una base de datos que se genera en un sistema informático denominado inconformidades de CFE Distribución, donde enfocaremos los resultados a nivel divisional. Este sistema nos permite identificar las inconformidades que presentan los clientes por fallas o deficiencias en el servicio de energía eléctrica.

Con la implementación de un análisis de resultado y uso de la metodología del diagrama de Pareto mejor conocida como (regla de 80/20), permitirá determinar alternativas de solución para mejorar la calidad, confiabilidad y continuidad en el suministro de energía eléctrica.

2.3 Clasificación de inconformidades

Las inconformidades se definen como toda aquella manifestación de insatisfacción de los clientes cuya atención amerite la elaboración de una orden de atención de inconformidad, independientemente del desenlace que resulte procedente o improcedente, será clasificada en función del ámbito donde se suscita la causa que la provocó.

Para entender lo anterior, la clasificación de inconformidades se divide en tres grupos de acuerdo con la siguiente tabla:

Inconformidades		
Comercial Lectura, facturación, reparto y cobranza	Medición Acometida y medidor	Distribución Red e infraestructura
<ul style="list-style-type: none"> • Consumo anormal • Corte indebido • Recibo extraviado • Cargo mal aplicado • Demora en atención Improcedente 	<ul style="list-style-type: none"> • Falso contacto en medición • Acometida averiada • Falla en medidor • Demora en atención Improcedente 	<ul style="list-style-type: none"> • Sector fuera • Deficiencia en voltaje • Falso contacto de distribución • Improcedentes de distribución

Tabla 2. Clasificación de inconformidades

En el proceso comercial se presentan las siguientes inconformidades:

Consumo anormal.

Las inconformidades por este concepto deben aclararse o resolverse preferentemente en el momento que se presenten, apoyándose en el historial de facturación, el consumo promedio diario, el historial de lecturas del servicio, así como la consulta en el sistema de Control de Solicitudes. Se consideran como inconformidades de consumo anormal procedentes, todas aquellas que, una vez verificadas en campo, generan una modificación a la facturación original (cancelación-reposición).

Recibo extraviado.

Se considera inconformidad por recibo extraviado, a toda aquella manifestación del cliente de que su recibo no fue entregado. Por lo que se deberá brindar información al cliente para que pueda realizar su pago en el medio de cobranza más propicio y/o de ser posible, entregar duplicado del aviso-recibo al cliente.

Cargo mal aplicado.

Se considera inconformidad por cargo mal aplicado, a toda aquella manifestación del cliente por cargos que no corresponden por conceptos diferentes a la facturación de energía.

Demora en atención.

En este concepto se deben considerar todas las inconformidades presentadas por el cliente por falta de atención a una solicitud registrada.

En el proceso de medición se encuentran las siguientes inconformidades:

Falso Contacto.

Se considera para este caso, cuando el cliente manifiesta variaciones en el suministro de energía eléctrica y después de hacer la revisión y/o investigación en campo, éstas son resultado de un falso contacto en la acometida o en el medio de conexión del medidor.

Acometida Averiada.

Son aquellas inconformidades presentadas por el cliente, motivadas por la avería a la acometida de su servicio, originado por falla eléctrica, por fenómenos naturales, o accidentes de tránsito que provoquen la interrupción del suministro de energía eléctrica.

Verificación del Medidor.

Inconformidad motivada por una queja por alto consumo, previamente verificada por el área comercial, en la que el cliente aún no conforme, solicita la verificación del medidor o cuando el cliente reporta que el medidor esta averiado.

Improcedente.

Se registrarán como improcedentes, todas aquellas solicitudes en que se compruebe que la inconformidad manifestada por el cliente no es imputable a CFE.

Para el proceso de distribución se presenta la clasificación de inconformidades siguiente:

Sector fuera:

es aquella inconformidad presentada por un conjunto de clientes por la falta total o parcial del suministro de energía eléctrica normalmente se le denomina E03 en el departamento de distribución.



Figura 2. Sector Fuera

Deficiencia de voltaje:

Inconformidad presentada por la cliente conocida como Q07, es donde se presenta una deficiencia en el voltaje suministrado y que no es originado por un falso contacto en acometida, bornes de contacto o medidor, sino que es imputable a la red de distribución por las condiciones operativas que ocasionan que la tensión se encuentre fuera de los parámetros indicados por el reglamento de la ley de la industria eléctrica.



Figura 3. Deficiencias de voltaje

Falso contacto de distribución.

Es la inconformidad presentada por el cliente y es nombrada como E04, la cual se manifiesta por una variación en el suministro de energía eléctrica y después de haber realizado la investigación en campo se determina que la falla es imputable a la red secundaria de distribución lo que resulta como procedente para el proceso de distribución.



Figura 4. Falsos contactos

Improcedentes de distribución.

Es otro tipo de inconformidad presentada por la cliente denominada E05, donde nos señala indicios de falla, sin embargo, el término de la investigación en campo se determina que no existe falla o que fue por causas no atribuibles al suministrador de servicio de energía eléctrica.



Figura 5. Improcedentes de distribución

2.4 Descripción del índice de inconformidades por cada mil usuarios de distribución (IMUD).

Este indicador, se conoce como el resultado de multiplicar por mil (1000), el cociente del número total de inconformidades acumuladas presentadas por los usuarios, entre el número acumulado de usuarios atendidos por un área específica en un periodo determinado.

- Por lo que los valores del índice se obtendrán integrados a nivel divisional, acumulados al periodo
- La unidad de expresión es inconformidades/usuarios, y los valores deberán aproximarse a la centésima
- Algoritmo a nivel divisional

$$IMUD_D = \frac{\sum_{n=1}^{12} \left[\sum_{D=1}^D (IPP + IIP)_D \right]_n}{\sum_{n=1}^{12} \left[\sum_{D=1}^D (UT)_D \right]_n}$$

Ecuación1. Inconformidades de distribución a nivel divisional

En donde:

IPP inconformidades procedentes presentadas: es el número de inconformidades procedentes presentadas por los usuarios de un área específica, por cualquier motivo, en un mes determinado.

IIP inconformidades improcedentes presentadas: es el número de inconformidades improcedentes presentadas por los usuarios de un área específica por cualquier motivo, en un mes determinado

UT Usuarios totales: es el número total de usuarios que tiene un área específica en un mes. En la actualidad se obtiene de la estadística de los sistemas vigentes.

n: número de meses del periodo de 1 a 12

El índice de inconformidades por cada mil usuarios procedentes (IMUPRO), es el resultado de multiplicar por mil (1000), al cociente del número total de inconformidades procedentes acumuladas presentadas por los usuarios, entre el número acumulado de usuarios atendidos por un área específica en un periodo determinado.

$$\text{IMUPRO} = 1000 * ((\text{IPD} + \text{IPC} + \text{IPM}) / \text{UT})$$

Ecuación 2. inconformidades procedentes (IMUPRO)

En donde:

IPD = Inconformidades procedentes Distribución

IPC= Inconformidades procedentes Comercial

IPM = Inconformidades procedentes Medición

El índice de inconformidades por cada mil usuarios improcedentes (IMUIMPRO), es el resultado de multiplicar por mil (1000), al cociente del número total de inconformidades improcedentes acumuladas presentadas por los usuarios, entre el número acumulado de usuarios atendidos por un área específica en un periodo determinado.

$$\text{IMUIMPRO} = 1000 * ((\text{IIPD} + \text{IIPC} + \text{IIPM}) / \text{UT})$$

Ecuación 3. inconformidades improcedentes (IMUIMPRO)

En donde:

IIPD = Inconformidades Improcedentes Distribución

IIPC= Inconformidades Improcedentes Comercial

IIPM = Inconformidades Improcedentes Medición

El índice de inconformidades por cada mil usuarios procedentes IMUPROCP es el resultado de multiplicar por mil (1000), al cociente del número total de inconformidades procedentes acumuladas presentadas menos el número de inconformidades exentas por eventos, entre el número acumulado de usuarios atendidos por un área específica en un periodo determinado.

$$\text{IMUPROCP} = 1000 * ((\text{IPD} + \text{IPC} + \text{IPM}) - (\text{IPDEX} + \text{IPCEx} + \text{IPMEX}) / \text{UT})$$

Ecuación 4. inconformidades procedentes menos inconformidades exentas (IMUPROCP)

En donde:

IPDEX = Inconformidades procedentes distribución por eventos extraordinarios

IPMEX = Inconformidades procedentes de medición por eventos extraordinarios

IPCEX = Inconformidades procedentes de comercial por eventos extraordinarios

Para poder medir el índice del indicador de inconformidades por cada mil usuarios de distribución (IMUD), se establecen metas de cumplimiento obligatorio las cuales son definidas de acuerdo con los resultados y estadística del año inmediato anterior y normalmente propuestas por las autoridades de oficinas nacionales hacia las 16 divisiones de distribución que conforma CFE Distribución.

El interés de este trabajo de tesis está situado en el estudio de inconformidades de distribución particularmente en sectores fuera, donde se enfocarán los análisis y aportaciones de estrategias de mantenimiento para mejorar la confiabilidad, calidad y continuidad en el servicio de energía eléctrica.

2.5 Ruta típica para la atención de inconformidades por cada mil usuarios (IMU)

En la figura 6 muestra una imagen adaptada de la ruta típica para la atención de una inconformidad manifestada por un cliente, donde se inicia en la recepción y registro de la inconformidad, posteriormente se asigna para el despacho, se atiende la inconformidad, se termina la atención en campo, se conforma la información en una base de datos, posteriormente se analiza por el departamento de distribución y se determinan acciones de mantenimiento, para posteriormente ejecutar acciones preventivas- correctivas y finalmente se evalúa la evolución del índice de inconformidades por cada mil usuarios (IMU).



Figura 6. Imagen adaptada del mapa conceptual de atención de inconformidades

Recepción y registro de inconformidades

Todas las inconformidades presentadas por los clientes son registradas en los sistemas institucionales de CFE, según el reporte de inconformidad e información brindada por el cliente, para posteriormente canalizar la atención correspondiente.

Asignación y despacho

En la asignación y despacho se dará la prioridad al reporte de atención, siendo una emergencia, queja, contrato, servicios y trabajos programados para pasar a la atención de inconformidades.

Atención de inconformidades

Las inconformidades en este punto son atendidas por el personal involucrado en los procesos de comercial, medición y distribución atendiendo los plazos establecidos y desempeño de funciones, de acuerdo con las disposiciones administrativas de carácter general de acceso abierto (DAGs) y en apego a la normatividad de CFE.

Terminación de la solicitud

De acuerdo con la inconformidad presentada en el sitio de los trabajos, en este punto se realizará una tipificación de las causas, motivo de la inconformidad la cual se

definirá en los catálogos de falla existentes de la plataforma institucional de CFE.

Análisis de la información

En este punto se realiza un análisis de las causas de fallas a través de herramientas estadísticas, reportadas en los sistemas y plataformas institucionales de CFE con la finalidad de establecer un panorama completo de la problemática.

Determinación de acciones

Derivado del análisis y estudio de causas origen, es posible determinar estrategias de mantenimiento específicas y direccionadas para abatir fallas e inconformidades. De acuerdo con la naturaleza de la problemática pueden ser abordadas por sectores fuera, por colonias repetitivas, por polígonos, por flora o fauna. Las cuales ayudaran a mitigar fallas e incremento de inconformidades con los clientes finales

Ejecución de acciones

Es importante realizar el monitoreo y seguimiento de las acciones ejecutas en campo con la intención de medir y cuantificar las instalaciones falladas, además de verificar el cumplimiento de los programas de mantenimiento establecidos en tiempo y forma de atención.

Evaluación del IMUD

Al término de la ejecución de acciones de mantenimiento, es importante realizar una evaluación de las inconformidades para realizar comparativos del antes y después, con la finalidad de valorar que tan efectivo fue el mantenimiento en las instalaciones críticas, ya que en caso de ser necesario se replanteara las acciones de mantenimiento hasta alcanzar la mitigación y control de inconformidades.

2.6 Aspectos legales de programas de mantenimiento.

En concordancia con las nuevas disposiciones de la Ley de la Industria Eléctrica, en su artículo 26 señala entre otros aspectos importantes, que para el mantenimiento de la Red Nacional de Transmisión y de los elementos de las redes generales de distribución que correspondan al mercado eléctrico mayorista, los transportistas y los distribuidores se sujetarán a la coordinación y a las instrucciones del CENACE, así mismo se considera lo indicado en el artículo 37 del reglamento de la ley de la industria eléctrica en donde señala, entre otros, que el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica se sujetará a las disposiciones administrativas de carácter general que emita la comisión reguladora de energía en materia de calidad,

confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad y que la prestación de dicho servicio público se realizará observando el correcto funcionamiento e integridad de los equipos y dispositivos de sus redes.

De acuerdo con el código de red en el párrafo II. Unidad de Central Eléctrica, Transportista y Distribuidor, en el Criterio OP - 103. El distribuidor establecerá el programa de Mantenimiento de la infraestructura eléctrica que integra las RGD, asegurando el cumplimiento de los niveles de Calidad, Confiabilidad, Continuidad y seguridad, documentando la gestión de su proceso de Mantenimiento y utilizando al menos un método de gestión de activos como lo son el mantenimiento basado en la confiabilidad, análisis de riesgos, mantenimiento basado en el tiempo, etc., que lo lleve a lograr la optimización de los recursos humano y materiales

Por lo que resulta necesario alinearse al párrafo sexto de la Resolución Núm. RES/151/2016 por la que la comisión reguladora de energía expide las disposiciones administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del sistema eléctrico nacional, basado en el Código de Red, conforme dispone el artículo 12, fracción XXXVII de la ley de la industria eléctrica. Por lo anterior, la innovación y competitividad a nivel mundial en todos los aspectos, siendo esta una característica de las empresas distribuidoras exitosas para la excelencia en el servicio al cliente final.

2.6.1 Definición de mantenimiento

Mantenimiento se puede definir como el conjunto de acciones técnicas y prácticas aplicadas para la conservación de las características originales de diseño y construcción de los componentes del sistema eléctrico de distribución a lo largo de su ciclo de vida, con la finalidad de utilizarlos con la máxima disponibilidad.

2.6.2 Tipos de mantenimiento

2.6.2.1 Mantenimiento predictivo

Básicamente consiste en una evaluación más certera sobre el rendimiento de los equipos o instalaciones eléctricas y que nos permite dirigir los esfuerzos y acciones de mantenimiento hacia a aquellos elementos que lo necesitan.

Una de las principales características del mantenimiento preventivo es que permite identificar el fallo antes de que suceda y nos lleve a consecuencias graves.

Para lograr acabo este objetivo es importante la obtención de datos y parámetros preferentemente de manera periódica o continua, o bien a través de uso de tecnologías para la obtención de datos en tiempo real proporcionando un panorama de una inminente avería o una alteración en el funcionamiento normal.

Ventajas del mantenimiento predictivo

- Reducción de tiempo de afectación en la infraestructura eléctrica
- Optimización de recurso humano y material
- Permite crear un estadístico e historial de control sobre la infraestructura
- Mantenimiento mínimo en la infraestructura.
- Planificación a futuro para la sustitución de nuevos equipos

2.6.2.2 Mantenimiento preventivo

Normalmente se basa en actividades programadas de inspección que deben llevarse a cabo de manera periódica para reducir las probabilidades de averías graves, basado en un plan de mantenimiento definido, que involucra algunos aspectos como sustitución de elementos deteriorados, calibración de ajustes y equipos, limpieza general, lubricación de partes móviles, mediciones de sistema de tierras, todos con la finalidad de reducir posibilidad de fallas.

El mantenimiento preventivo en definitiva aporta y contribuye a aumentar la vida útil de equipos e instalaciones además de mantener la instalación en condiciones de operación normal.

Entre los beneficios de este mantenimiento, permite detectar fallos repetitivos, disminuye los costos en las reparaciones, incrementa la confiabilidad y continuidad en la infraestructura eléctrica.

2.6.2.3 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en actuar frente al problema existente ante una avería o falla de funcionamiento en donde la criticidad de la instalación no es significativa, lo que significa básicamente que las consecuencias del mal funcionamiento no son especialmente lesivas para la operación normal de la infraestructura o equipo.

Normalmente en este tipo de mantenimiento las tareas y acciones obedecen a reemplazar equipos dañados, realizar sustitución de elementos y piezas, además de reparación de equipos e infraestructura.

Desventajas del mantenimiento correctivo

- Utilización de recurso humano y material fuera de planificación
- Impacto económico en la reparación.
- Incremento en el tiempo de afectación en el equipo o instalación
- Alta incidencia de reparaciones provisionales

En virtud de lo anterior las tareas de mantenimiento comprenden varios aspectos y situaciones. Si bien es cierto que no siempre se pueden detectar todos los problemas a tiempo, y es posible que se “pase” alguna avería o falla inesperada; sin embargo, con un plan de mantenimiento, este margen se puede reducir a la mínima expresión.

2.6.3 Filosofía de los programas de mantenimiento en CFE

En la División Centro Oriente de CFE las exigencias y expectativas de los clientes han evolucionado requiriendo mayor continuidad, calidad de energía, restablecimiento óptimo, seguridad y economía, en base a lo anterior, el mantenimiento programado anual tradicional evoluciona hacia un mantenimiento predictivo-preventivo, pasando por la etapa intermedia necesaria para contar con programas de mantenimiento trimestral, enfocado a resultados, con una visión en la ejecución de un mantenimiento mínimo necesario, y a superar tanto las expectativas de operación como las de nuestros los clientes.

2.6.3.1 Programa anual de trabajo

En la actualidad los programas de trabajo se realizan en forma anual, la desventaja que tiene este tipo de programación es que, a partir del cuarto o quinto mes, los trabajos que terminan ejecutándose difieren mucho de lo programado, esto debido a que las prioridades, condiciones de los equipos, presupuesto disponible y el comportamiento operativo de las instalaciones van cambiando de manera dinámica, traen como consecuencia actividades de mantenimiento no programadas.

Una de las ventajas de la programación anual de trabajo es que nos permite:

- Cargar la programación anual de mantenimiento masivo para todo el periodo
- Estimación anual de necesidades de recurso humano, equipo y material
- Programación anual de capacitación al personal de campo

2.6.3.2 Programa Trimestral de Trabajo

Una forma de promover la mejora continua en el proceso de distribución es realizar los programas de trabajo en forma trimestral, de tal manera que se realice con anticipación la detección de anomalías y se inicie en el primer trimestre con las instalaciones de mayor problemática e incidencia de acuerdo con el análisis operativo y prioridad realizado para tal fin.

Debido a lo anterior, se debe realizar cada mes del trimestre el diagnóstico-evaluación de las acciones ejecutadas, para la elaboración de programas de mantenimiento a redes aéreas de baja tensión para zonas de distribución, confirmar su efectividad hacia los resultados y/o reajustar en caso de así requerirlo, de acuerdo con los recursos humanos, materiales y económicos disponibles, para incrementar el mayor éxito en la condición operativa y reducción de fallas en las instalaciones.

2.6.3.3 Programa Trimestral Predictivo + Preventivo (MABDE + MABCO).

El sistema ideal de redes de distribución debe visualizar el contar siempre con los elementos de las redes generales de distribución (RGD) disponibles, con su flexibilidad operativa y solo dar el mantenimiento mínimo necesario, en base a la inspección y trazabilidad. La evolución necesaria es la suma del mantenimiento basado en desempeño (MABDE) y el mantenimiento basado en confiabilidad (MABCO) en forma

trimestral, siendo la forma más adecuada de conseguir los resultados a los objetivos trazados. Nos permite tener siempre los criterios de continuidad, calidad, restablecimiento óptimo, seguridad y economía en el proceso de mantenimiento; para garantizar el cumplimiento de las Disposiciones administrativas de carácter general (DACG).

2.6.3.3.1 Programa Mantenimiento Predictivo (MABDE)

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de las instalaciones evaluadas, mientras estas se encuentran en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones como son: termografía, toma de cargas, voltajes, sistemas de tierra, balanceos de carga, cambio de aislamientos dañados, etc. Tiene como objetivo disminuir los tiempos en que se tiene inactiva la red por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por tener fuera de servicio un equipo. Historial-Estadística-Trazabilidad-Predicción.

2.6.3.3.2 Programa Mantenimiento Predictivo (MABCO)

Este mantenimiento tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema y en base a inspecciones y anomalías de las instalaciones. Se realiza la detección de anomalías a

razón del historial del desempeño del equipo y experiencia del personal a cargo, los cuales son los responsables en determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho mantenimiento.

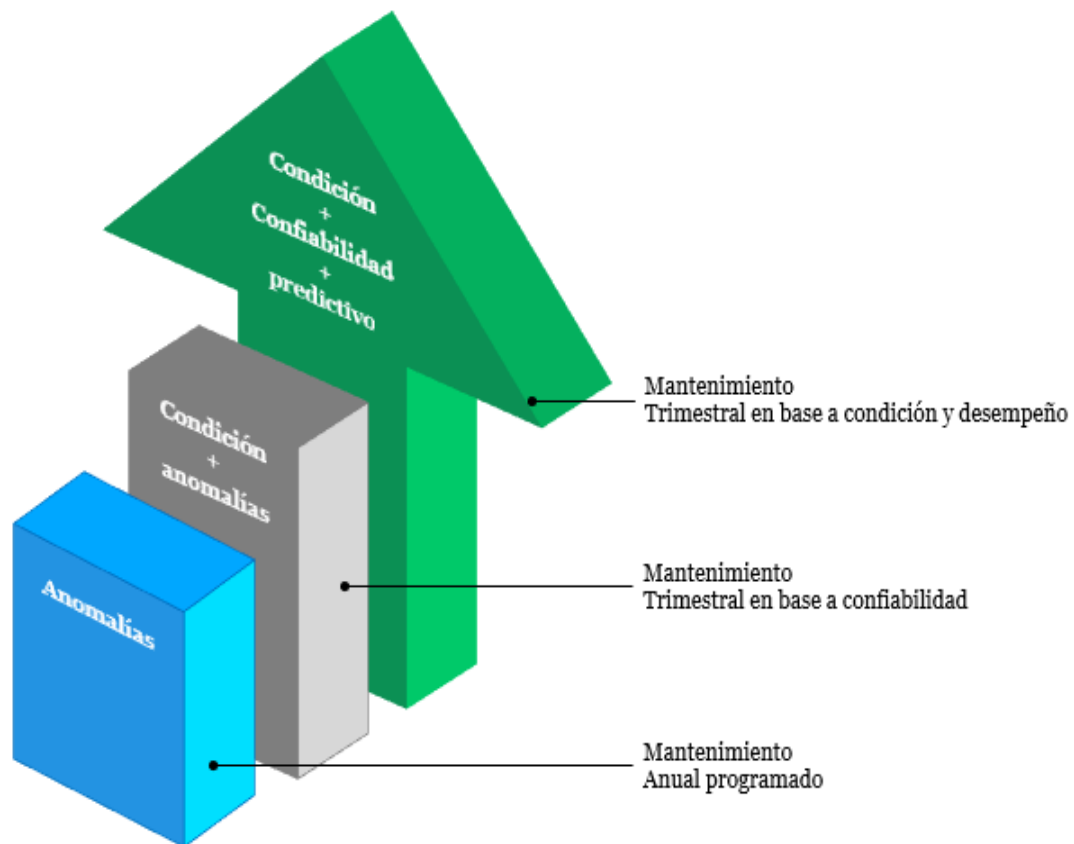


Figura 7. Imagen Adaptada de la evolución del mantenimiento en 3 etapas que nos permitirán mejores decisiones en cuanto a optimización de recursos humanos y materiales.

En base a lo anterior se busca establecer estrategias y acciones de práctica de aplicación que provea la planeación, programación, integración, ejecución, seguimiento sistemático y la evaluación periódica en control del programa de mantenimiento en las redes de baja tensión, estandarizando las prácticas y procedimientos, encausando al recurso humano, material y equipo de mantenimiento a las instalaciones y causas de mayor impacto en los resultados de continuidad y calidad en el servicio de energía eléctrica; para alcanzar los mayores beneficios en eficacia y confiabilidad del proceso de mantenimiento.

Esta mecánica de trabajo es de aplicación para las zonas de distribución de la División Centro Oriente de Comisión Federal de Electricidad, que realizan actividades de mantenimiento, en lo que se refiera al mantenimiento en redes de distribución de baja tensión menores de 1000 V.

2.7 Elaboración de programas de mantenimiento en redes de distribución

Se establecerán criterios sobre el comportamiento operativo de las redes de distribución de acuerdo con el índice de inconformidades de distribución por cada mil usuarios (IMUD), para analizar el estado actual de la problemática, mencionando aspectos importantes como salida de operación de transformadores, principales causas de falla, por colonias repetitivas o poblaciones críticas. Para tal fin emplearemos análisis con herramientas estadísticas como el diagrama de Pareto el cual nos ayudara a determinar acciones de mantenimiento para mejorar la calidad, confiabilidad y continuidad del servicio de energía eléctrica.

Sobre los criterios generales a considerar se enlistan a continuación:

- Se programará la inspección minuciosa con personal de mantenimiento para identificar la causa raíz de falla en las redes de distribución, que de acuerdo al análisis de ingeniería, se justifique hacerlo, tomando en cuenta el desempeño y/o la condición del sistema eléctrico de distribución en los periodos establecidos, hacia la confiabilidad de las redes generales de distribución (RGD), como son su naturaleza, ubicación, exposición al ambiente o terceros, condiciones operativas a favor o en contra, fauna existente, materiales, equipos o bien necesidades especiales (desempeño, condición y confiabilidad).
- Durante los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre de cada año, es decir en el último mes del trimestre inmediato anterior, se realizarán las inspecciones minuciosas a las redes de Distribución, los cuales hasta esa fecha representen la mayor cantidad de eventos registrados o desvíos significativos, todo ello para elaborar el programa de mantenimiento trimestral (enero – marzo, abril – junio, julio – septiembre y octubre - diciembre) que corresponda, atendiendo las instalaciones críticas en orden de prioridad o bien, con mayor aportación a los resultados.
- Adicionalmente todas las acciones de mantenimiento estarán enfocadas a eliminar la causa raíz de las interrupciones o fallas, y en consecuencia, a mejorar los índices de confiabilidad de las redes baja tensión, como son el índice de inconformidades de distribución por cada mil usuarios (IMUD), entre otros el tiempo de interrupción por usuario e índice de duración promedio de las interrupciones en el sistema (SAIDI), índice de frecuencia promedio de las interrupciones en el sistema (SAIFI), índice de duración promedio de las interrupciones por usuario (CAIDI), usuarios promedio afectados (UPA), número de interrupciones (NI), tiempo promedio de restablecimiento (TPR), energía dejada de vender (EDV), optimizando recursos disponibles en términos de la productividad (PD) y eficiencia (EFD) en el proceso de distribución.

-
- Se realizará un análisis de la fuerza de trabajo para determinar las horas hombre enfocadas a la atención de los programas trimestrales de mantenimiento a la infraestructura eléctrica en las redes de distribución que se elaborará en cada zona de distribución con la finalidad de disponer de recurso humano, material y de equipo, considerando lo siguiente:

El cálculo de las horas hombres disponibles HHD para trabajos de mantenimiento se calcularán de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 5 HHD mes} = [(\text{n}^\circ \text{ de trabajadores}) (7.5 \text{ horas hábiles diarias})(\text{días hábiles mensuales})]$$

El cálculo de las horas hombres acreditables HHA para trabajos de mantenimiento se calcularán de acuerdo con la siguiente ecuación: considerando que la meta de productividad es 100%.

$$\text{Ecuación 6. HHA mes} = [(\text{HHD})(\text{meta en \% EFD mensual})]/100$$

Revisión de los programas trimestrales para atender las anomalías en las redes de distribución, en base a su condición, confiabilidad y desempeño con capacidad de estadística y trazabilidad de las redes generales de distribución (RGD).

Derivado de las inspecciones de las redes de distribución donde sean detectadas anomalías críticas, que pongan en riesgo a los colaboradores, las instalaciones, terceros o sus propiedades y la misma confiabilidad de las redes generales de distribución (RGD), se atenderán inmediatamente, asignando la prioridad las anomalías encontradas:

- Urgente: se atenderá el día que fue detectada o máximo al día siguiente.
- Mediato: puede esperar a ser atendida la siguiente semana de la fecha en que fue detectada.
- Normal: no representa riesgo de interrupción por el momento, se programa dentro del trimestre.

Inicio de atención a los programas de mantenimiento trimestral de manera tal, que el cien por ciento de las anomalías detectadas durante las inspecciones de las redes de distribución más críticas o repetitivas, se atiendan durante cada trimestre, para así, sucesivamente se continúe el proceso de atención durante todo el año con las redes de distribución menos críticas, en orden de aportación en los indicadores de confiabilidad respectivamente.

El seguimiento a nivel divisional a los resultados obtenidos de los programas específicos aplicados en las redes generales de distribución (RGD), será a través del sistema de reuniones, videoconferencias, para el caso de que se presenten desviaciones en la evolución y/o cumplimiento de los índices de confiabilidad de la será tratada de manera individual.

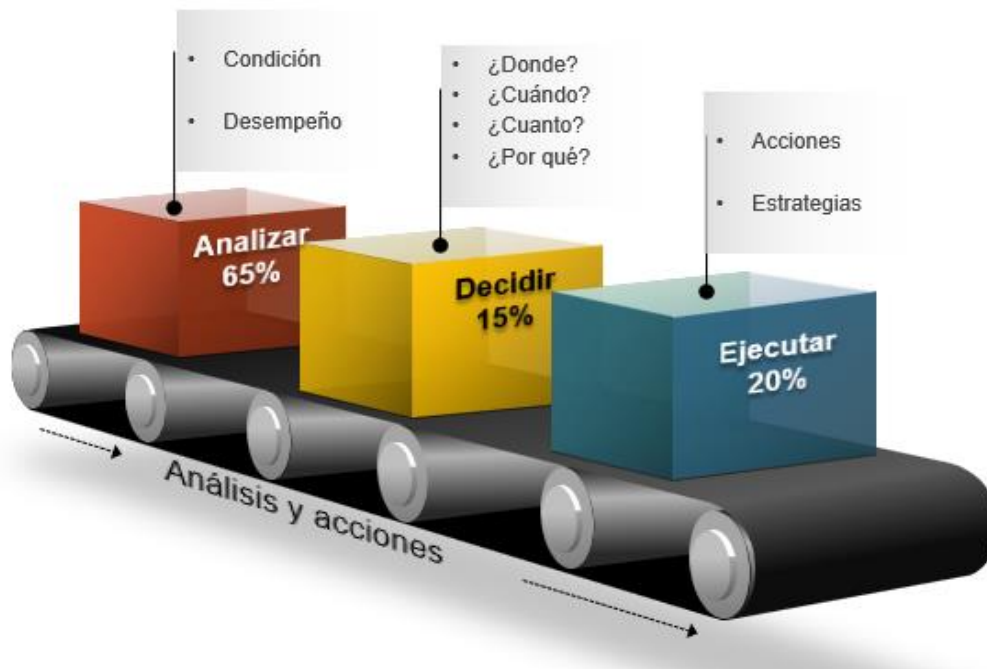


Figura 8. Imagen adaptada sobre análisis, acciones y ejecución de mantenimiento

2.8 Modelos estadísticos

La estadística es la ciencia que trata a cerca de la recolección, organización, presentación, análisis e interpretación de datos numéricos con el fin de obtener conclusiones significativas de ellos.

Si bien el término estadístico posee varios significados para personas de diversos entornos, intereses y disciplinas. Para algunos; es un campo de "sortilegio" en el que una persona con conocimientos supera a los demás. Para otros, se trata de un espacio para recopilar y representar grandes cantidades de parámetros y datos. Y tal vez para para otro grupo, puede tratarse de un medio para "tomar de decisiones de frente a la problemática".

Para mejorar la comprensión del estudio de la estadística, se ha dividido en dos ramas importantes siendo las siguientes:

2.8.1 Estadística descriptiva

Se direcciona en resumir y describir los datos que ya tenemos actualmente. Esta rama de la estadística utiliza técnicas como gráficos siendo algunos ejemplos (diagramas de caja e histogramas), medidas de dispersión (desviación, estándar y varianza), medidas de tendencia central (media, mediana y moda).

El objetivo principal de la estadística descriptiva es hacer que los datos sean más fáciles de entender y comunicar, y para ello se utilizan técnicas de análisis de datos simples como tablas y gráficas, básicamente refiere a no intentar nada que vaya más allá de los datos.

2.8.2 Estadística inferencial

Deriva de realizar inferencias o generalizaciones sobre un conjunto numeroso de elementos. En otras palabras, la estadística inferencial se utiliza para obtener conclusiones sobre una población entera a partir de datos recolectados de una muestra representativa de esa población. Para tal efecto, se utilizan técnicas como la estimación de parámetros, la prueba de hipótesis y la regresión.

El objetivo principal de la estadística inferencial es hacer predicciones y tomar decisiones informadas basadas en los datos.

En la actualidad existen diversos modelos estadísticos para analizar datos numéricos, sin embargo, para el presente trabajo de tesis utilizaremos el diagrama de Pareto, debido a su beneficio en el campo estadístico orientado hacia el proceso de calidad.

El diagrama de Pareto o regla de (80-20) nos permite identificar tendencias de causas de recurrencia importante o no. De cualquier forma, una vez identificada la problemática será posible tomar acciones y estrategias para mejorar en el proceso de calidad.

2.9 Concepto de diagrama de Pareto

Wilfredo Pareto, sociólogo y economista italiano (1948-1923), que introdujo el método analítico a la economía política. Dentro de las principales aportaciones a nivel mundial es el principio que lleva su nombre, el cual es de gran ayuda para los directivos modernos.

Wilfredo Pareto descubrió que el efecto ocasionado por varias causas tiene una tendencia bien definida, debido a que aproximadamente el 20% de las causas originan el 80% del efecto, y el 80% de las causas restantes son responsables del 20% del resto del efecto. Este fenómeno observado se repite con una aproximación aceptable, lo que permite aplicarlo a fines prácticos en los diferentes ámbitos y disciplinas.

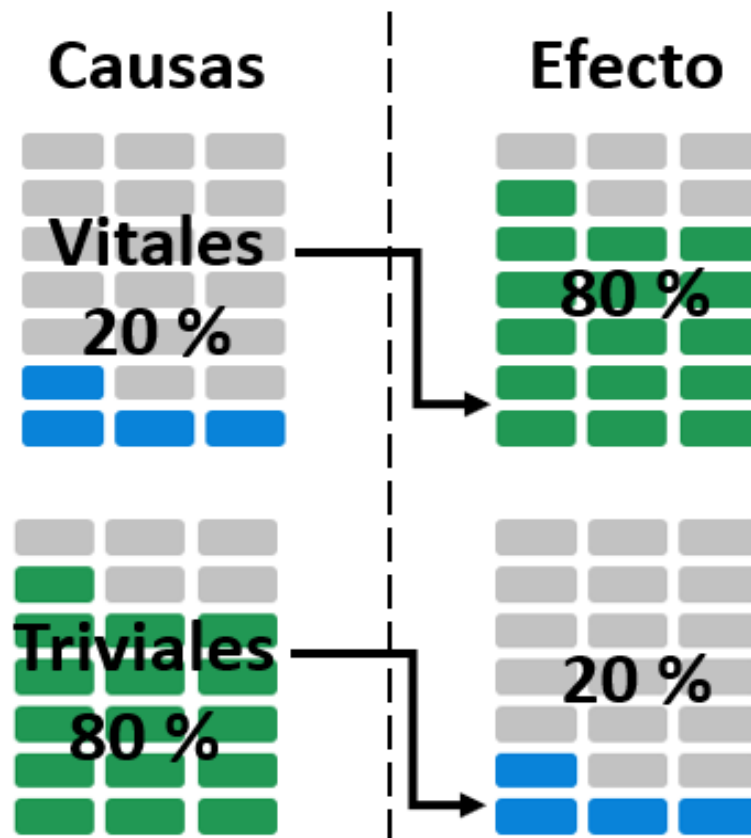


Figura 9. Imagen adaptada diagrama del principio de W. Pareto

Se indica que las causas responsables del 80% del efecto se les llama causas vitales y a las restantes se les denomina causas triviales, sin embargo, existe entre la frontera de ambas una pequeña zona de causas que, sin ser vitales, no se les puede tomar como triviales, por lo que se llama causas de transición o causas importantes.

Consideraciones básicas de 8 pasos para la aplicar este principio:

- a) Identificar el efecto a analizar y oportunidades a mejorar.
- b) Elaborar lista de causas que originan el efecto definiendo la contribución de cada una.
- c) Asignación del porcentaje relativo de la contribución de la causa con base a su valor individual
- d) Ordenar las causas de mayor a menor, en base a su contribución
- e) Elaborar diagrama de Pareto
- f) Identificar causas vitales para tomar acciones correctivas (cada acción vital por separado)
- g) Identificar las causas importantes o de transición y tomar acciones globales.
- h) Identificar causas triviales y programar su solución a mediano o largo plazo

Capítulo 3. Marco metodológico

Para el análisis de la condición y del desempeño de las redes de distribución, aplicando la ingeniería de análisis, se podrán utilizar entre otras herramientas estadísticas, de comparación y trazabilidad, el principio del Pareto, el cuál como lo mencionamos con anterioridad identificará el o las áreas de oportunidad y sus posibles soluciones, además de que ayuda a identificar todos los conceptos que intervienen en las causas, mismas que se ordenan según su aportación, así pues, al aplicar las medidas de mantenimiento al 20% de las causas identificadas, se tendrá un efecto positivo en el 80% de la solución del problema, sin embargo se le deberá dar el peso específico a cada etapa hasta su ejecución, entendiendo que mientras más información se tenga disponible al momento de analizar, ésta ayudara a una toma de decisiones más asertiva y en consecuencia el mantenimiento se ejecutara eficazmente.

3.1 Análisis de inconformidades por cada mil usuarios de distribución (IMUD)

De la base de datos del sistema institucional de CFE denomina inconformidades, se recopilará la información correspondiente a la División Centro Oriente o bien nivel Divisional para los análisis correspondientes.



Figura 10. Imagen del sistema inconformidades

Una vez extraída la información del sistema de inconformidades, ordenaremos los datos en tablas de Excel de manera tal, que se presente una vista general del total de inconformidades a nivel divisional, por mes, por histórico de años pasados y por valores meta y reales del periodo 2023, para realizar el análisis y comparativos correspondientes.

Como bien sabemos para el análisis índice de inconformidades por cada mil usuarios distribución (IMUD), lo podemos llevar a cabo por el número de eventos o bien por indicador, para este trabajo de tesis resulta más conveniente presentarlo por número de eventos por lo cual estudiaremos el caso de manera preferente.

Derivado de lo anterior se realiza lo siguiente:

- a) Análisis estadístico de inconformidades por cada mil usuarios distribución (IMUD) por número de evento.
- b) Aplicación del principio de Pareto en inconformidades por cada mil usuarios distribución (IMUD)
- c) Aplicación del principio Pareto en principales causas de falla.
- d) Análisis de colonias y/o poblaciones con mayor número de salidas o repetitivas
- e) Determinación de acciones y estrategias de mantenimiento

En la figura 11 se muestra el comportamiento del periodo de enero a marzo de 2023 (trimestre 1), de inconformidades por cada mil usuarios distribución (IMUD), donde se observa la tendencia de desvío de los valores reales 2023 respecto a las inconformidades en comparación con el año 2022 y meta 2023 alcanzando su mayor incremento en el mes de marzo con 3,110 inconformidades.

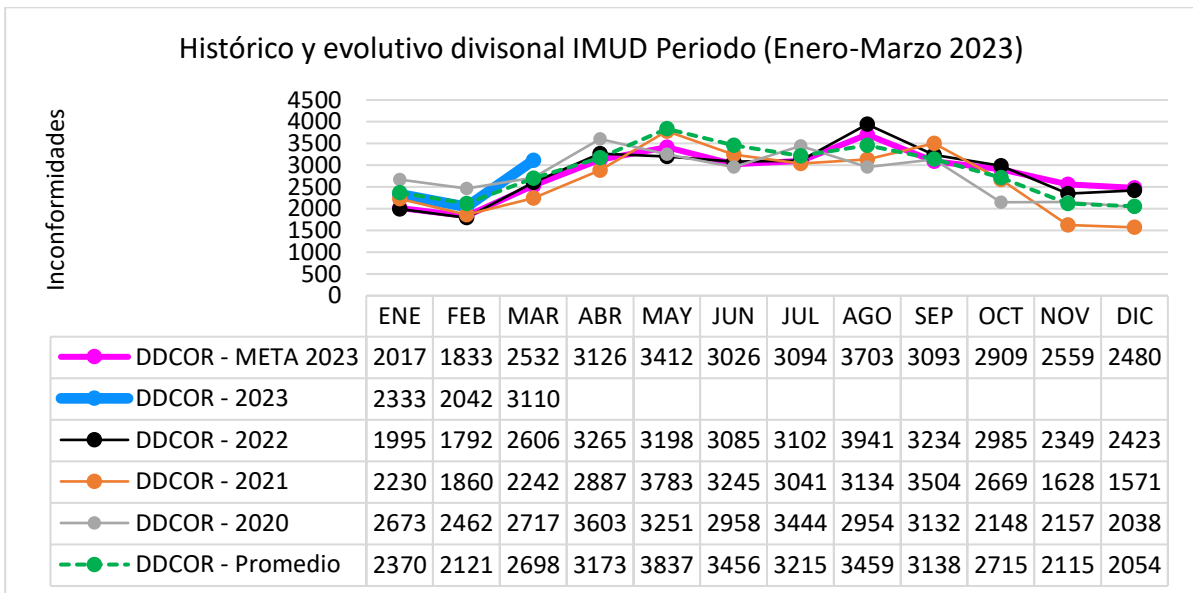


Figura11. Histórico y evolutivo IMUD periodo enero marzo 2023

Para el periodo de abril a junio de 2023 (trimestre 2), de inconformidades por cada mil usuarios distribución (IMUD), continúa observándose la tendencia de desvío de los valores reales 2023 respecto a las inconformidades en comparación con el año 2022 y meta 2023 alcanzando su mayor incremento en el mes de mayo con 5,007 inconformidades de acuerdo con la figura 12.

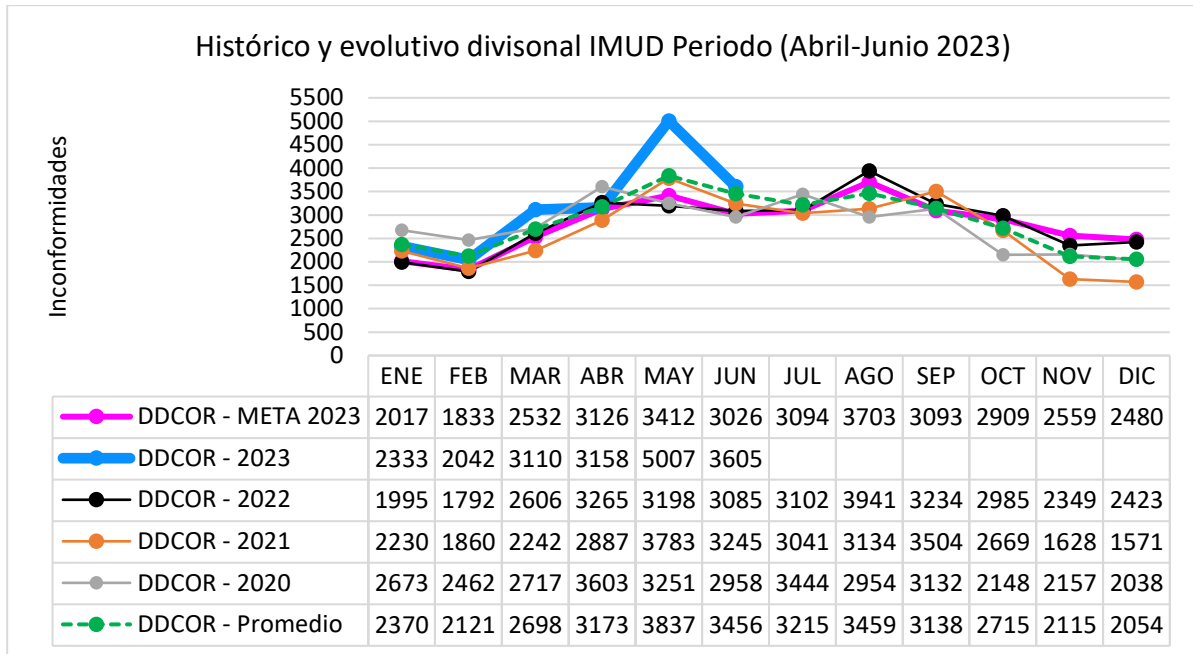


Figura12. Histórico y evolutivo IMUD periodo abril junio 2023

Para el periodo de julio a septiembre de 2023 (trimestre 3) ver figura 13, de inconformidades por cada mil usuarios distribución (IMUD), se observa una tendencia de desvío de los valores 2023 respecto a las inconformidades en comparación con el año 2022 y meta 2023 alcanzando su mayor incremento en el mes de julio con 3,128.

Y en los meses de agosto y septiembre se identifica una recuperación debido a que los valores reales de 2023 están dentro de meta 2023 y en comparación con el año 2022 reportaron una mejora de acuerdo con la figura 13.

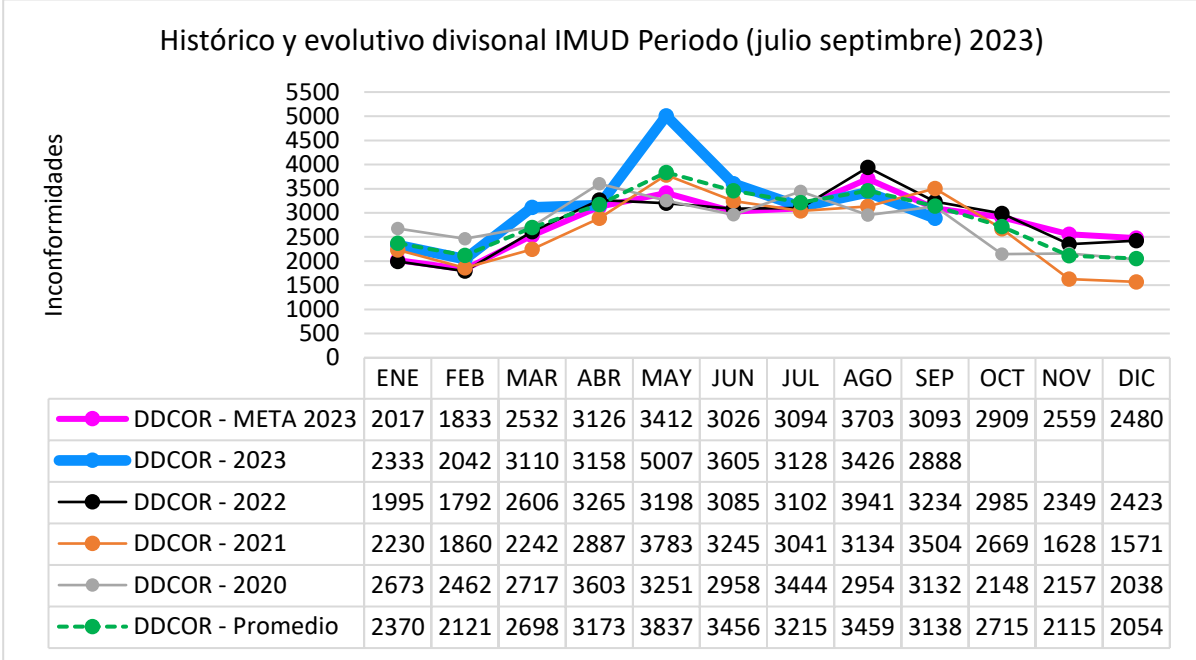


Figura13. Histórico y evolutivo IMUD periodo julio septiembre 2023

En el último periodo de octubre a diciembre de 2023 (trimestre 4), de inconformidades por cada mil usuarios distribución (IMUD), se denota una recuperación más estable dando origen a un comportamiento positivo de los valores reales 2023, respecto a las inconformidades en comparación con el año 2022 y meta 2023, de acuerdo con la figura 14.

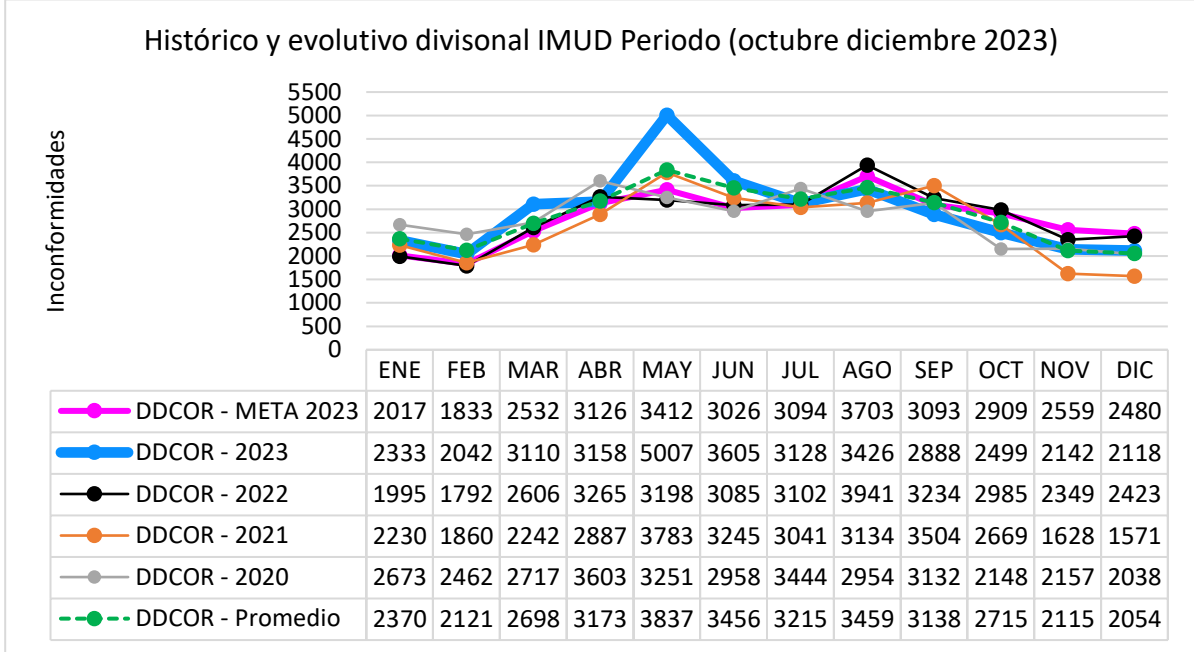


Figura14. Histórico y evolutivo IMUD periodo octubre diciembre 2023

3.1.1 Análisis de Pareto de inconformidades por cada mil usuarios distribución (IMUD)

Derivado del análisis de inconformidades por cada mil usuarios de distribución (IMUD) a nivel divisional que se realizó en los 4 trimestres del año 2023. Nos resulta ahora necesario identificar y priorizar las inconformidades de distribución, por lo que se realiza un análisis a través del diagrama de Pareto para revisar las áreas de oportunidad, con la finalidad de direccionar y concentrar correctamente las estrategias de mantenimiento.

La tabla numero 3 muestra las inconformidades de distribución que se presentaron en el periodo 2023 ordenas por trimestre, observando un total de 35,456 inconformidades, de las cuales 29,040 resultan procedentes y 6,416 son improcedentes, estas últimas las obviaremos del análisis debido a que anteriormente comentamos son inconformidades no imputables al proceso de distribución y tendrán un tratamiento distinto para su estudio.

Inconformidades	1er Trim.	2do Trim.	3er Trim.	4to Trim.	Total
Totales	7485	11770	9442	6759	35456
Procedentes	6209	9722	7687	5422	29040
Sector Fuera	4944	7795	6597	4404	23740
Improcedentes	1276	2048	1755	1337	6416
Deficiencia de Voltaje	899	1312	730	710	3651
Falso Contacto	220	301	259	236	1016
Demora en Atención	146	314	101	72	633

Tabla 3. Inconformidades de distribución

La tabla numero 4 nos indica la aplicación del diagrama de Pareto con las inconformidades procedentes de distribución. Donde, de acuerdo con su contribución de eventos y de orden porcentual quedan representadas de la siguiente forma.

Inconformidades Procedentes Distribución			
Inconformidades	Periodo 2023	%	% Acumulado
Sector fuera	23740	82%	82%
Deficiencia de voltaje	3651	13%	94%
Falso contacto	1016	3%	98%
Demora en atención	633	2%	100%
Total	29040	100%	

Tabla 4. Inconformidades procedentes distribución

En la representación gráfica podemos determinar que el área de oportunidad en inconformidades procedentes de distribución quedará enfocará al rubro de sector fuera como actividades (vitales), deficiencia de voltaje como actividades (importantes), falso contacto y demora en atención como actividades(triviales), según muestra la figura número 15.

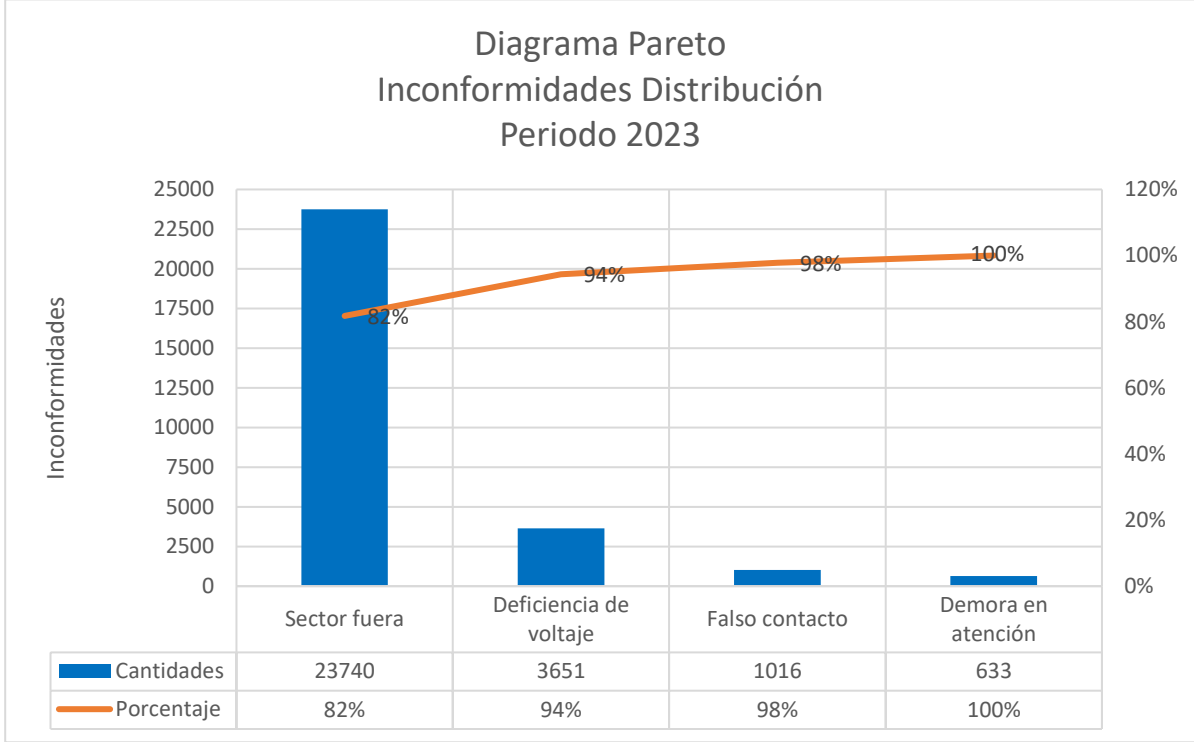


Figura 15. Diagrama de Pareto inconformidades procedentes distribución

3.1.2 Análisis de Pareto causas de falla en sectores fuera.

Ahora nos resulta importante elaborar otro diagrama de Pareto direccionado al rubro de sectores fuera con 23,740 inconformidades lo que representa el 80% de actividades (vitales) según la figura 16. Con la finalidad de conocer las principales causas de falla, para establecer actividades y estrategias de mantenimiento

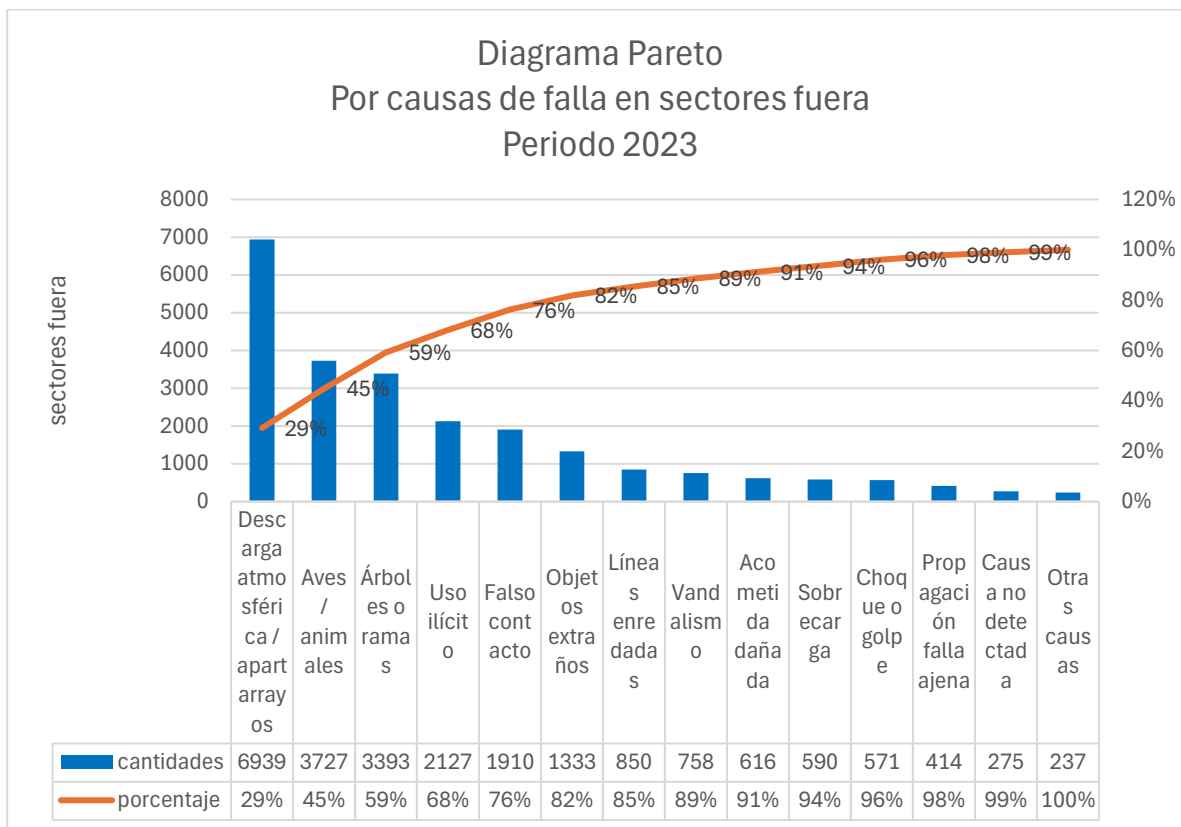


Figura 16. Diagrama de Pareto por causas de falla en sectores fuera

Las principales causas de falla que indica la figura 16 de acuerdo con la metodología de trabajo, son principalmente descarga atmosférica / apartarrayos, Aves / animales, Árboles o ramas, usos ilícitos, falso contacto y objetos extraños las cuales quedan definidas como actividades (vitales) para el tratamiento de inconformidades de distribución, el resto de causas quedan clasificadas como actividades e importantes y triviales respectivamente, las cuales trataremos con programas de mantenimiento a mediano plazo.

3.1.3 Análisis de colonias o poblaciones repetitivas

Otro parámetro de estudio que puede ser de utilidad para las inconformidades de distribución es establecer un análisis de colonias o poblaciones con mayor número de salidas o repetitivas.

En particular para este análisis, se cuenta con 4,162 colonias registradas en el periodo 2023, de acuerdo con la base de datos a nivel divisional, es por esta razón que lo acotaremos a un top 10 de colonias y/o poblaciones más afectadas ver figura 17.

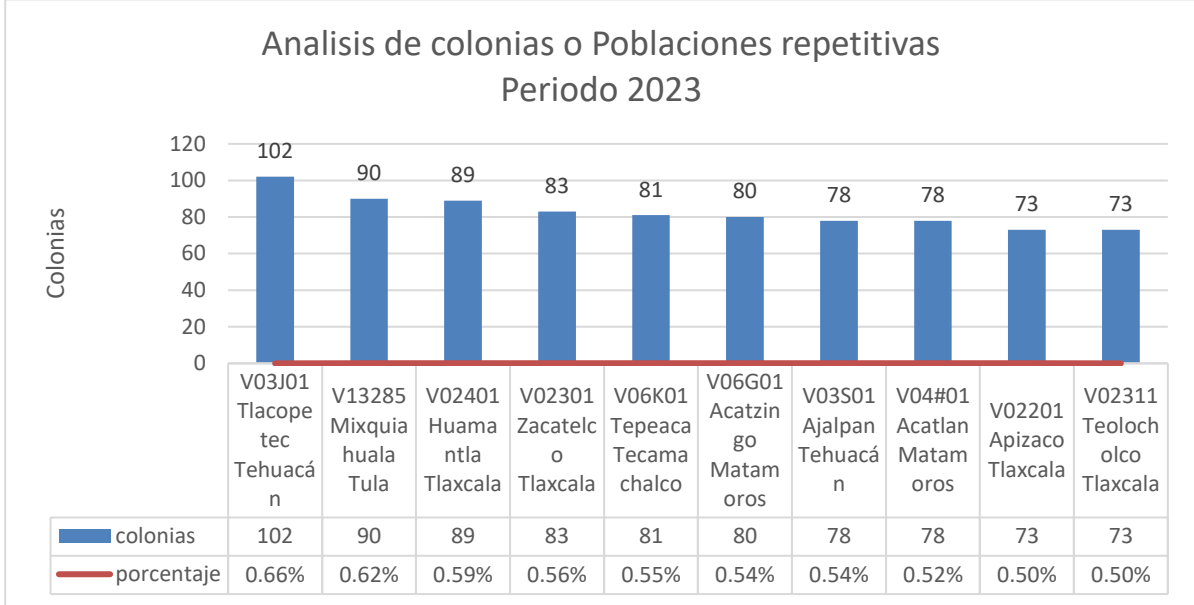


Figura 17. Análisis de colonias o poblaciones repetitivas

Esta metodología de trabajo por el momento no estará enfocada para para el caso de estudio de le presente tesis.

3.2 Acciones y estrategias de mantenimiento para inconformidades de distribución (IMUD)

En base a los análisis del indicador de inconformidades por cada mil usuarios de distribución (IMUD), por comportamiento con metas y años anteriores, sectores fuera y causas de falla, se determina un programa de mantenimiento para baja tensión a nivel divisional el cual involucra entre sus actividades principales la sustitución de cortacircuitos, sustitución de apartarrayos, poda de árboles, modificación de puentes en media tensión, cambio de conectores y conductor, tensionado de conductor, reparación de acometidas, retiro de objetos extraños y balanceo de transformador.

Para el seguimiento oportuno de los programas de mantenimiento, se conforma un tablero de control divisional a través de un archivo en Excel para el registro de avance semanal y mensual de actividades programadas, ejecutadas, con porcentajes de avance y porcentaje de efectividad, así como también un resumen específico por sector fuera para contabilizar las actividades de mantenimiento ver tabla 5.

En la tabla 6 podemos visualizar de manera más detallada los 55 grupos de trabajo destinado para el mantenimiento de baja tensión en periodos trimestrales, así como sus avances en cuanto a mantenimiento programado, mantenimiento ejecutado y porcentaje de efectividad de manera divisional e incluso por zona de distribución.

Avance de Atención a sectores 1er Semestre 2023

Zona	grupos MD2	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio			Total Programa do	Total Ejecutado	% efectividad
		Mantto Programa do	Mantto Ejecuta do	% efectivi dad	Mantto Programa do	Mantto Ejecuta do	% efectivi dad	Mantto Programa do	Mantto Ejecuta do	% efectivi dad	Mantto Programa do	Mantto Ejecuta do	% efectivi dad	Mantto Programa do	Mantto Ejecuta do	% efectivi dad	Mantto Programa do	Mantto Ejecuta do	% efectivi dad			
POTE	4	15	25	167%	11	12	109%	13	3	23%	7	3	43%	10	0	0%	10	6	60%	66	49	74%
POTE	5	24	7	29%	20	33	165%	25	51	204%	21	30	143%	22	18	82%	23	25	109%	135	164	121%
TLX	5	50	92	184%	61	59	97%	58	122	210%	37	91	246%	45	128	284%	59	21	36%	310	513	165%
THN	3	10	2	20%	10	4	40%	10	9	90%	8	2	25%	10	0	0%	10	0	0%	58	17	29%
MAT	6	48	51	106%	35	20	57%	58	183	316%	30	0	0%	44	0	0%	41	4	10%	256	258	101%
SNM	3	10	3	30%	10	1	10%	10	19	190%	8	6	75%	10	1	10%	10	0	0%	58	30	52%
TML	6	52	118	227%	54	60	111%	43	50	116%	33	29	88%	36	37	103%	39	6	15%	257	300	117%
PAC	6	49	59	120%	49	16	33%	50	22	44%	36	14	39%	51	1	2%	34	0	0%	269	112	42%
TLG	8	43	9	21%	43	17	40%	46	5	11%	33	10	30%	46	14	30%	34	1	3%	245	56	23%
TLA	9	36	4	11%	42	2	5%	44	12	27%	35	8	23%	48	0	0%	36	0	0%	241	26	11%
Total general	55	337	370	110%	335	224	67%	357	476	133%	248	193	78%	322	199	62%	296	63	21%	1895	1525	80%

Avance de Atención a sectores 2do Semestre 2023

Zona	grupos MD2	Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre			Total Programa do	Total Ejecutado	% efectividad
		Mantto Programa do	Mantto Ejecuta do	% efectivi dad	Mantto Programa do	Mantto Ejecuta do	% efectivi dad	Mantto Programa do	Mantto Ejecuta do	% efectivi dad	Mantto Programa do	Mantto Ejecuta do	% efectivi dad	Mantto Programa do	Mantto Ejecuta do	% efectivi dad	Mantto Programa do	Mantto Ejecuta do	% efectivi dad			
MAT	6	102	101	99%	75	80	107%	72	67	93%	136	66	49%	136	77	57%	16	30	188%	537	421	78%
PAC	6	24	38	158%	40	42	105%	32	35	109%	24	25	104%	24	18	75%	30	0	0%	174	158	91%
POTE	5	100	93	93%	90	101	112%	60	81	135%	60	37	62%	60	40	67%	40	20	50%	410	372	91%
PPTE	4	20	62	310%	30	39	130%	24	26	108%	24	16	67%	23	17	74%	5	5	100%	126	165	131%
SNM	3	32	32	100%	26	35	135%	24	24	100%	24	36	150%	24	29	121%	6	0	0%	136	156	115%
TEC	6	212	111	52%	60	89	148%	36	54	150%	69	51	74%	36	7	19%	19	0	0%	432	312	72%
THN	3	16	3	19%	20	17	85%	16	27	169%	16	6	38%	16	0	0%	4	0	0%	88	53	60%
TLA	9	44	38	86%	40	34	85%	34	42	124%	15	28	187%	7	3	43%	0	0	0%	140	145	104%
TLG	8	27	23	85%	40	37	93%	32	33	103%	24	23	96%	32	6	19%	8	12	150%	163	134	82%
TLX	5	198	144	73%	138	135	98%	114	78	68%	25	47	188%	25	28	112%	25	0	0%	525	432	82%
Total general	55	775	645	83%	559	609	109%	444	467	105%	417	335	80%	383	225	59%	153	67	44%	2731	2348	86%

Tabla 6. Comparativo de mantenimiento programado y ejecutado.

3.2.1 Evidencias de acciones y estrategias de mantenimiento para inconformidades de distribución (IMUD)

En cuanto a evidencias de atención de acuerdo con las acciones y estrategias se documentan algunos mantenimientos en campo que se realizan para contener y controlar las inconformidades de distribución en el periodo 2023.

En la figura 18 muestra el mantenimiento al sector número ZG990 de 75 KVA trifásico, el cual queda documentado a través de un levantamiento en campo de fecha 12 de octubre de 2023 con ubicación en privada 6A Oriente, en el estado de Puebla donde nos describe el sector y red de baja tensión además de las anomalías urgentes a atender como, el cambio de cortacircuitos fusibles y apartarrayos dañados por descarga atmosférica, además de cambio de un poste de 9 metros.

CFE Distribución GERENCIA DE DISTRIBUCIÓN (CENTRO DE DISTRIBUCIÓN) 14137-077-R-04

REVISIÓN Y CORRECCIÓN DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

ZONA: PUE-07E AEA: Fuentes FECHA: 12/02/23

LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL BANCO: CABA SALIDA: 2978 IVA: 17%

UNION: V0804349665 CABA DE ENTRADA: 2978 IVA: 17%

DIRECCION: PV 6.2 oriente 2414 COLONIA: Benito Juárez 178

CLASIFICACION: 2/0 NEUTRO: 1/0

CLASIFICACION: 2/0 CARGA INICIAL: 61.54 CARGA FINAL: 51

PROTECCION	SENO	LITROS ACEITE	ASO DE FAS	IMPEDENCIA	PESO	TAPAS
Protex	33M189-18010	152.4 LB	0/0/F	2.77	54 Kg	3

FACTOR DE UTILIZACION DEL TRANSFORMADOR: 30%

DEFECTOS	CONSERVADO	FECHA DE EJECUCION
1. SUCO	X	
2. OXIDACION	X	
3. CORROSION	X	
4. TRAZADO	X	
5. BOLA AL BORDO	X	
6. BOLA AL BORDO	X	
7. FALTA DE BARRAS	X	
8. BARRAS ROTAS	X	
9. DESMONTAJE	X	
10. REJES	X	
11. REJES INACcesibles	X	
12. BARRA TENSION	X	
13. CALIBRE	X	
14. CORRECCION PUNTO DE ANCLAJE	X	
15. BARRA TENSION	X	
16. CALIBRE	X	
17. CORRECCION	X	
18. LONGITUD CORRECCION	X	
19. FALTA APERTURAS	X	
20. DESMONTAJE	X	
21. TRAMADO	X	
22. DEF. ELECTRODO	X	
23. REAJUSTADO	X	
24. FALTA DE DESMONTAJE	X	
25. TRM CORRECCION	X	
26. PUNTEADO	X	
27. DEF. TRM	X	
28. PUNTEADO	X	
29. DESMONTAJE	X	
30. PUNTEO EN ENTRADA	X	
31. BARRAS CORROSION	X	

TRABAJO A PROPOSITO PARA LA CORRECCION DEL GRUPO LA FALLA Cambiar 2 ccf anteriores p# y c y 3 ADB-12 asociados.

1/Nov

Queda OK

abando 2M28 y 2M20: 1/11/23

Cambiar 3 ADB-12

Cambiar 2 ccf = 100 φ# y φB

Trabaja a aperturas en R.T. provocada por corrosión retroceso para a retirado corba Pa. doado.

2M-73

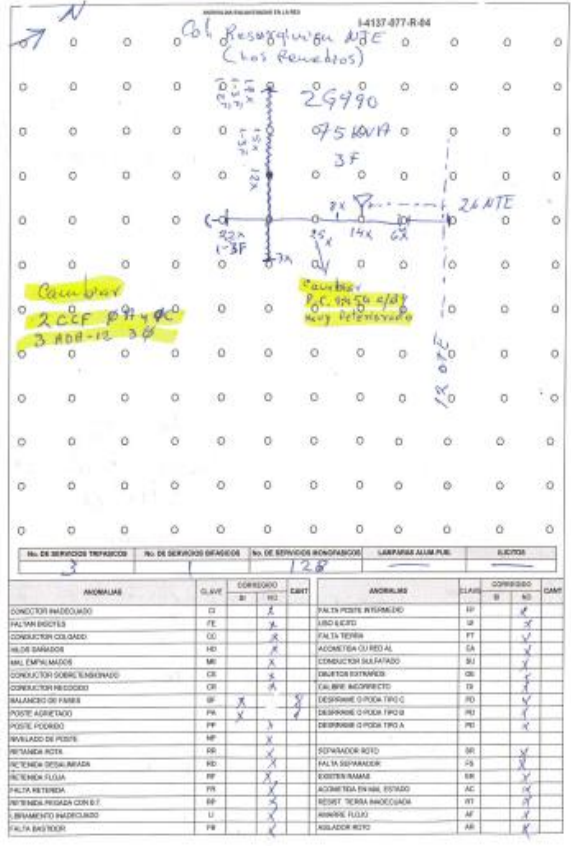


Figura 18. Cambio de cortacircuitos fusibles, apartarrayos y cambio de poste

En la figura numero 19 nos indica el levantamiento de anomalías al sector Z2854, donde describe los datos básicos ubicación, capacidad del transformador, disposición de la red de baja tensión, cantidad de usuarios, cantidad de postes, cantidad de claros interpostales y tipo de conductor, así como la salida del sector por descargas atmosféricas y árboles o ramas.

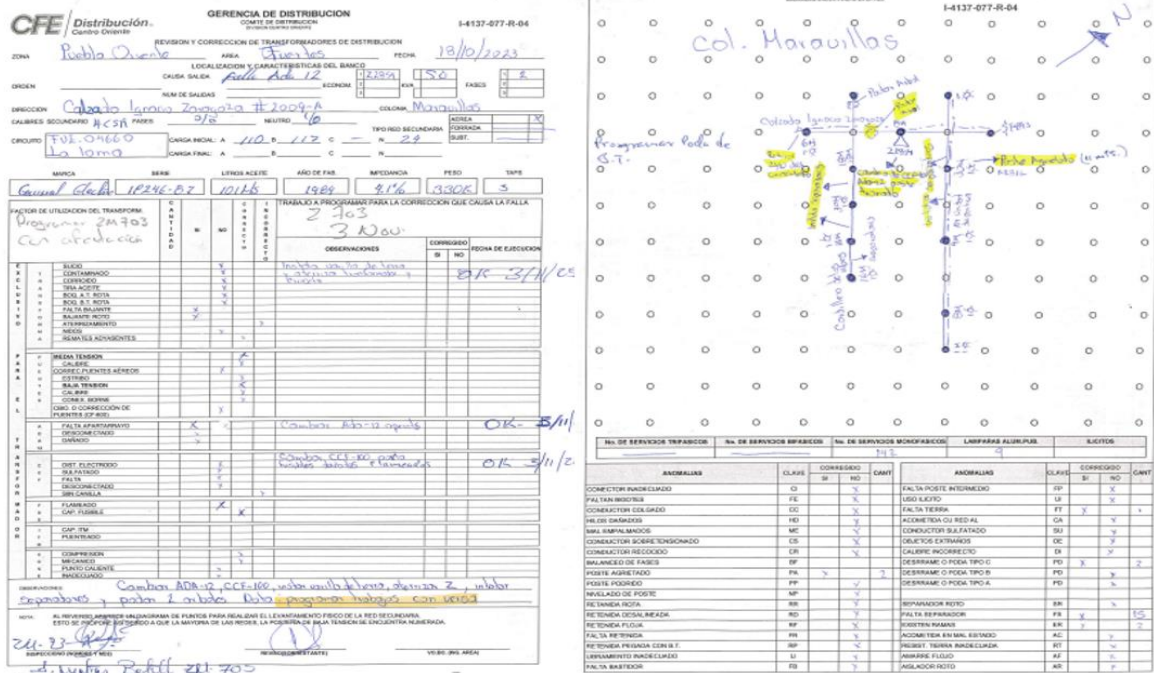


Figura 19. Mantenimiento a sector por causa de descarga atmosférica en apartarrayos y árboles o ramas

Según la figura numero 20 ilustra la instalación de puentes semiaislados del cortacircuito fusible a las boquillas de media tensión del transformador ZTLX01194, además de instalación de equipo antifauna en las boquillas de media tensión del transformador de distribución para evitar salidas por la causa de Aves/ animales.



Figura 20. Mantenimiento a sector por causa de salida por Aves/animales

Otra de las principales causas de falla en los sectores fuera son los árboles o ramas que se ubican en las redes de baja tensión, véase figura número 21, donde se muestra la presencia de ramas, así como la mitigación y control por esta causa, con el propósito de disminuir las interrupciones a los clientes finales



Figura 21. Mantenimiento a sector por causa de salida por árboles o ramas

De acuerdo con la figura número 22 otra de las fallas más comunes es la salida de sector fuera por falso contacto que se origina en los puentes dañados o tornillería floja en los bornes de las boquillas de baja tensión del transformador de distribución misma que conecta que a la red de distribución en baja tensión y en las conexiones intermedias entre conductores y conectores presentan corrosión y daño dando origen a la interrupción. De las acciones de mantenimiento para mitigar esta causa de falla son cambio de puentes, cambio de conectores, apriete de tornillería y cambio de herrajes.



Figura 22. Mantenimiento a sector por causa de salida falso contacto

La figura numero 23 ilustra el mantenimiento al sector número ZPAC09532, donde la causa de falla radica por usos ilícitos conectados en la redes de baja tensión, por lo que se procede a realizar el retiro y normalización del transformador de distribución

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD DIVISION DE DISTRIBUCION CENTRO ORIENTE						
FORMATO DE GENERALIDADES DE SECTORES REDES DE BAJA TENSION						
ZONA PACHUCA						
CENTRO DE TRABAJO: PACHUCA						
FECHA: 04/03						
CUADRILLA: ZPAC 09532 KVA 45000						
INTEGRANTES: [List of names]						
REGISTRO: [Handwritten registration number]						
LICENCIA: [Handwritten license number]						
CIRCUITO: [Handwritten circuit name]						
DIRECCION: [Handwritten address]						
POBLACION: [Handwritten population]						
INFORMACION GENERAL DEL TRANSFORMADOR						
GORTA CIRCUITO FUSIBLES (INDICAR CADA UNO DE ELLOS)	BUEN ESTADO			MAL ESTADO		
	A	B	C	A	B	C
APARTARRAYOS (INDICAR CADA UNO DE ELLOS)	A	B	C	A	B	C
SISTEMA DE TIERRA	INICIAL			TERMINO		
	A	B	C	A	B	C
CARGA EN AMPERES	27	21	16	16	10	13
	N			N		
	27			10		
PORCENTAJE DE UTILIZACION	CARGA			DESB.		
	75			88		
VOLTAJES MONOFASICOS	INICIO			TERMINO		
	AN	BN	CN	AN	BN	CN
	121	121	122	122	122	121
	INICIO			TERMINO		
	AB	CB	CA	AB	CB	CA
	121	211	219	215	211	
VOLTAJES ENTRE FASES	SI			SI		
TIRA ACEITE	H1 H2 H3			X1 X2 X3		
ARBOLES EN BAJA TENSION	E			NO		
OBSERVACIONES: [Handwritten notes about illegal usage and transformer removal]						

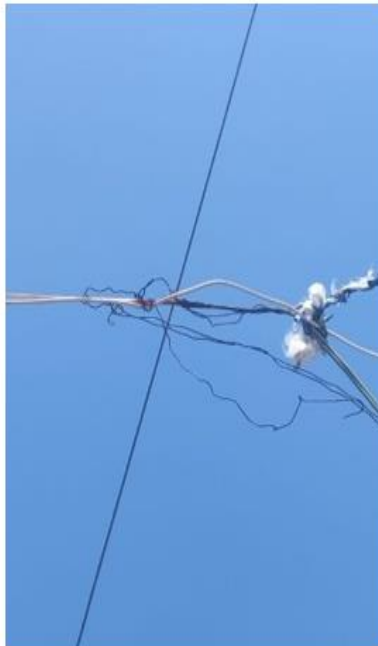
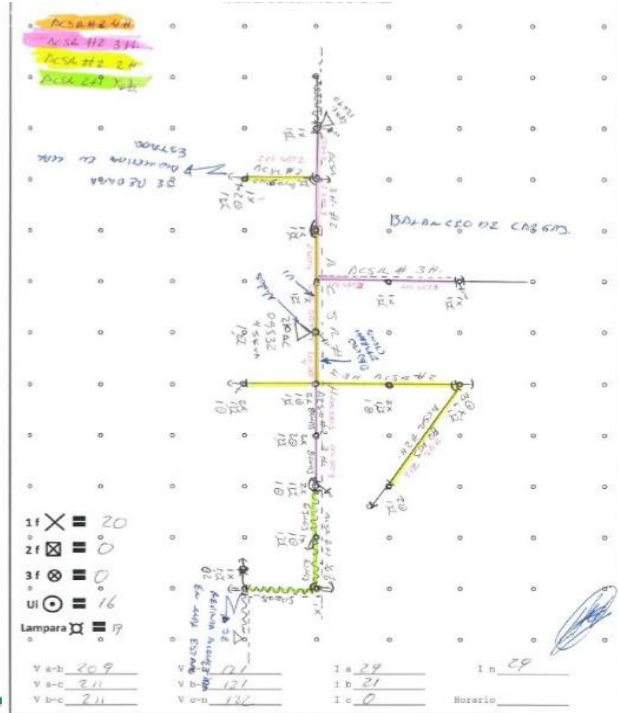


Figura 23. Mantenimiento a sector por causa de salida uso ilícito

Finalmente, otro ejemplo de mantenimiento a sectores fuera sobre las redes de baja tensión es por causa de objetos extraños véase la figura número 24, de acuerdo con lo detectado en campo se procede al retiro de objetos para restablecer el servicio de energía eléctrica.



Figura 24. Mantenimiento a sector por causa de salida objetos extraños

En virtud de los mantenimiento ejecutados en el ámbito divisional es ahora necesario establecer un registro de control por sector fuera para el seguimiento y cuantificación de las actividades, el cual se realiza a través de una hoja de Excel, que contiene datos relevantes como; nombre de la instalación, zona de distribución, área de distribución, numero de licencia, número de sector, capacidad del transformador, numero de salidas del sector, numero de fases del transformador, causas de salida, fechas de última salida, fecha de mantenimiento y estrategias como cambio de cortacircuitos fusibles, camio de apartarrayos, poda de árboles, reparación de acometidas, balanceo de cargas entre otros, para asegurar un mantenimiento efectivo y otorgar un cumplimiento a los estándares de calidad, continuidad y confiabilidad en el servicio de energía eléctrica, véase tabla número 7.

Zona	Área	Ciudad	Sector	Km²	Fases	Colombia Prohibición	Salidas	Causas Reales	Lección GII	Fecha última salida	Fecha de Mantto	CGP (PZA)	APP (PZA)	Sistema de Tierras (Bco)	Banco (Bco)	Podas (PZA)	Condición Sector (Mts)	Condición Sector (Clar)	Repaso Sector (PZA)	Repaso Sector (Acción)	Repaso Sector (AMF)	Repaso Sector (AMF)	Repaso Sector (GAS)	Repaso Sector (GAS)	Repaso Sector (GAS)	Repaso Sector (GAS)	
PAC	AAN	AAN-05020	18675	45	3	ACTOPAN	2	USOS ILICITOS	6468/8827	2013-06-19	2023-07-06				1								34	40	41		
PAC	AAN	AAN-05020	10099	10	1	LA ESTANCIA	2	USOS ILICITOS	6379	2023-06-20	2023-07-05			2	1								19	22			
PAC	AAN	AAN-05040	8286	112,5	3	GUZMAN MANVER	2	FALTA DE PODA	6425	2023-06-20	2023-07-06				3								112	121	108		
PAC	AAN	AAN-05030	5533	30	3	EL DAXTHA	2	USOS ILICITOS	6779	2023-06-20	2023-07-14												30	4	2		
PAC	AAN	AAN-05040	8863	75	3	LA ESTANCIA	2	DISCARGA ATMOSFERICA	6840	2023-06-21	2023-07-17				2	4							28	24			
PAC	AAN	AAN-05010	10468	15	1	EL OLIVERA	2	USO ILICITO	7423	2023-07-04	2023-08-03																
PAC	AAN	AAN-05020	10966	15	1	LA ESTANCIA ACTOPAN	2	ILICITOS	7254	2023-07-05	2023-07-28			1	1								116	117			
PAC	TIZ	TIZ-05040	6704	45	3	VILLA DE TEZONTEPEC	3	SOBRECARGA	10447	2023-09-30	2023-11-10				1								122	79	65		
PAC	TIZ	TIZ-05090	5869	45	3	EL CARMEN	2	APARTARRANO DANABO	10337	2023-11-01	2023-11-06			3	3	1							19	20	18		
POTE	BGB	GAN04220	24925	75	3	14 SUR 5106 COLIMBINES DE SAN MANUEL	1	ARBOLIS O RAMAS	4696	2023-01-04	2023-08-10					5							43	44	41		
POTE	BGB	VSE04010	24022	25	1	TACATEL	1	OBJETOS EXTRANOS	3890	2023-01-06	2023-07-10				1								18	17			
POTE	BGB	VSE04030	24025	10	1	C. VICENTE GUERRERO S/N, EN LA POBLACION DE SIO TOMAS CHALUTLA	1	USO ILICITO	4429	2023-01-06	2023-07-31				1								15	16			
POTE	BGB	VSE04040	29801	15	1	C. GRIPE 310 EN SN FCO TOTINHUALCAN.	1	USO ILICITO	4729	2023-01-07	2023-08-11				1	2							42	42			
POTE	BGB	AGAD050	27251	25	1	C. CIRULEOS W2 36 LT 15, COL. EL CARMEN	1	APARTARRANO DANABO	5481	2023-01-07	2023-09-08				1								17	18			
POTE	BGB	VSE04030	24749	10	1	PUNTO SANCOS S 1 EN LA POBLACION DE SIO TOMAS CHALUTLA	1	USOS ILICITOS	4421	2023-02-05	2023-08-01				1								38	46			
POTE	BGB	CIV04085	20329	50	1	CALE 31 ORIENTE 613 COL. ANZULES	1	FALSO CONTACTO	4617	2023-02-05	2023-08-07				1								34	37			
POTE	BGB	GAN04250	M731, 2B260 Y 2B24	75	1	RN, C. F. R. MANO 23 RIFA B, COL. HEROES DE PUEBLA	1	FALSO CONTACTO	4718	2023-02-07	2023-08-11				2								76	74	73		
POTE	BGB	BGS04015	25127	25	1	PRIVADA 2 C SUR 6661, COL. TOMAS DEL SUR	1	FALSO CONTACTO	4934	2023-02-07	2023-08-21				1		1,5						21	20			
POTE	BGB	PRO04025	29573, 29574, 2957	75	1	C. FCO I NADERO 19, COL. SNI LANI B X SN FLOT	1	FALSO CONTACTO	5747	2023-02-09	2023-09-19				1								67	67	66		
POTE	BGB	PRO04045	21463	15	1	2DA AMPLIACION GUADALUPE HIDALGO AMPLIACION BALCONES DEL SUR	1	MEJORA SISTEMA DE TIERRAS	3881	2023-03-06	2023-07-10				1	1							2	3			
POTE	BGB	AGAD040	4842, 24043 Y 2402	45	1	DAMINO REGULA CASTELLANOS COL. JARDINES DE CASTILLOTTA	1	FALSO CONTACTO	4537	2023-03-06	2023-08-03				1								15	1	43	46	45
POTE	BGB	BGS04015	ZP079	25	1	CALLE DOMINICOS 5915, COL. LAS AVES	1	APARTARRANO DANABO	4921	2023-03-07	2023-08-21				1	1							14	16			
TIG	APN	IRO5020	ZTLG0468	45	3	HIDALGO	2	CCF DANABO	6101	2023-11-26	04/12/2023				2	2	1										
TIG	APN	IRO5030	ZTLG3718	45	3	FRANCISCO SARABIA	1	USO ILICITO	5972	2023-10-14	2023-12-01				3												
TIG	APN	IRO5020	ZTLG3401	75	3	TEPEAPULCO HLAZA VIEJA	1	RAMAS	5974	16-NOV-2023E	2023-12-01				3												
TIG	APN	IRO5050	ZTLG6641	45	3	LAZANO CARRENAS	NA	APARTARRANO DANABO	6016	2023-01-09	2023-12-04				3	3											
TIG	CUA	TIG5080	ZTLG0442	75	3	MEJORA TIERRAS	2	USO ILICITO	6007	2023-11-27	2023-12-04				3	1	1	2									
TIG	CUA	TIG5020	ZTLG1982	45	3	MANTIAS RODRIGUEZ	2	USO ILICITO	6060	2023-10-09	2023-12-06				3	3											
TIG	CUA	TIG5080	ZTLG1139	10	1	SAN ISIDRO (SANTAGO)	4	SOBRECARGA	5982	2023-10-10	2023-12-01				1	1											

Tabla 7. Registro de control sectores fuera

Estrategias de mantenimiento	Cantidad	Periodo 2023		
		Ene - Jun	Jul - Dic	Total
Cambio de cortacircuitos fusible	Pza	257	672	929
Cambio de apartarrayos	Pza	482	1160	1642
Modificación de puentes en M.T.	Pza	582	1163	1745
Poda de arboles	Pza	2068	2708	4776
Balanceo de transformador	Pza	1340	2250	3590
Cambio de conectores y conductor	Mts	1322	2345	3667
Retiro de objetos extraños	Pza	493	843	1336
Tensionado de conductor	Claro	328	464	792
Reparación de acometidas	Pza	624	1699	2323

Tabla 8. Resumen general de actividades de mantenimiento

La tabla 8 nos muestra un resumen de las actividades relevantes de mantenimiento que se ejecutaron en el periodo 2023 para contener y reducir inconformidades de distribución.

Capítulo 4 Resultados y conclusiones

4.1 Resultados de los programas de mantenimiento de inconformidades de distribución por cada mil usuarios de distribución (IMUD)

Como resultado de la recopilación de datos, análisis a inconformidades de distribución (IMUD), programas y estrategias de mantenimiento y registros de control en el periodo 2023 a nivel divisional en CFE, podemos mencionar que el comportamiento de inconformidades de distribución presenta una tendencia a la contención en eventos a partir del mes junio, julio y para los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre se observa un comportamiento aceptable de los valores reales, ya que están por debajo de los valores meta 2023, lo que demuestra que las inconformidades de distribución por cada mil usuarios (IMUD) está cumpliendo la meta mensual.

La tabla numero 9 nos indica el comparativo de valores metas y reales 2023 en donde, en el primer trimestre se tuvo un incremento de 1103 inconformidades de distribución que corresponde a un 117%, para el segundo trimestre se alcanzan 2206 inconformidades con 123%, para el tercer trimestre se inicia con una contención de 448 eventos menos lo que representa una recuperación del 5%, y finalmente en el último trimestre se reduce a 1189 eventos correspondiente a un 15% de recuperación.

Comparativo valores meta y valores reales periodo 2023												
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Meta 2023	2017	1833	2532	3126	3412	3026	3094	3703	3093	2909	2559	2480
Real 2023	2333	2042	3110	3158	5007	3605	3128	3426	2888	2499	2142	2118
Porcentaje	117%		123%			5%			15%			
Diferencia	1103		2206			-448			-1189			

Tabla 9. Comparativo valores meta y reales periodo 2023

Este proyecto de tesis resulta reconfortante, debido a pudieron establecerse acciones y estrategias de mantenimiento apropiadas para mejorar las inconformidades, que se traduce en contención y reducción de fallas dando cumplimiento a las metas en 2023, aun teniendo un panorama nada favorable en los primeros trimestres, a razón de que se experimentó un incremento considerable de fallas e inconformidades que rebasaron valores históricos de años pasados y metas 2023, véase figura 25.

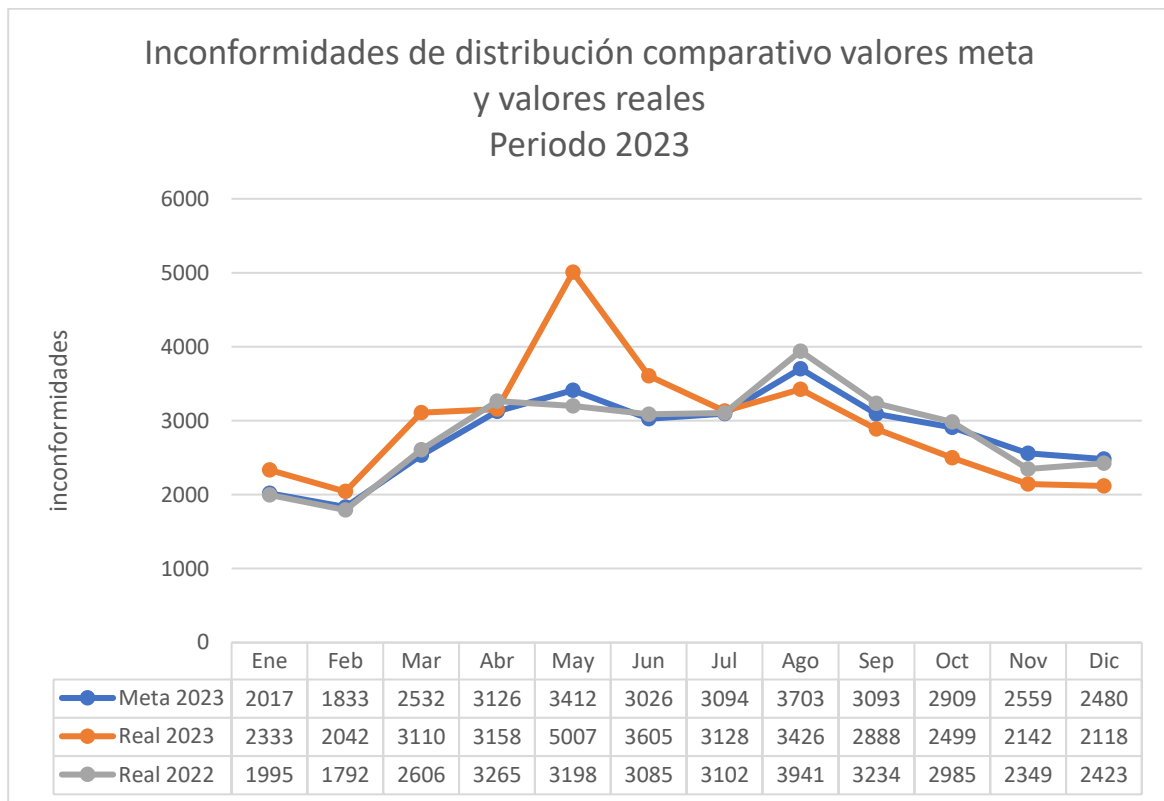


Figura 25. Gráfico de inconformidades de distribución comparativo valores meta y reales 2023 e histórico 2022

Respecto a inconformidades de distribución en valores meta y reales 2023 de manera acumulada, podemos observar en la figura número 26, no fue posible regularizar el comportamiento acumulado de los eventos, sin embargo, el trabajo se enfocó en mejorar los números de eventos entre sí mismos de manera mensual para el cumplimiento de las metas.

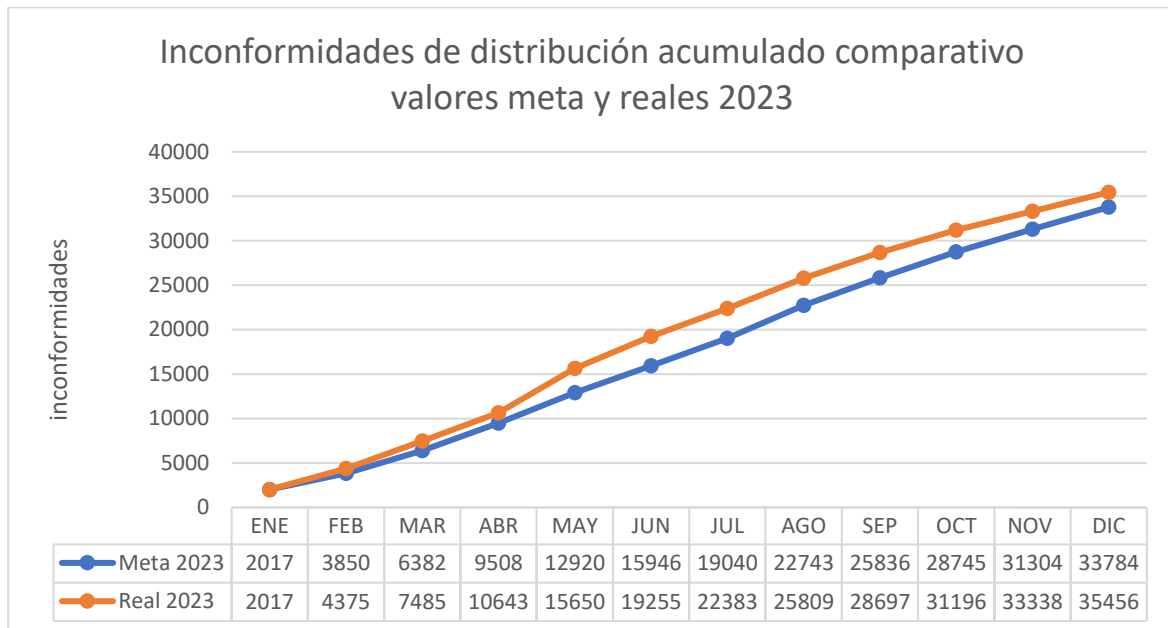


Figura 26. inconformidades de distribución en valores meta y reales de manera acumulada

El comparativo de los resultados en valores reales 2023 y 2022, en el rubro de sectores fuera, se muestra en la tabla numero 10; que para el primer trimestre se tuvo un incremento de 635 sectores fuera que representa un 115%, para el segundo trimestre se alcanzan 1611 sectores con 126%, para el tercer trimestre se observa una disminución de 213 eventos menos que representa una recuperación del 3% y finalmente en el último trimestre se reduce a 232 eventos correspondiente a un 5% de evolución favorable.

Comparativos valores reales 2023 y 2022 en sectores fuera												
Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Real 2023	1486	1325	2133	2118	3303	2374	2252	2401	1944	1647	1376	1381
Real 2022	1329	1212	1768	2120	2093	1971	2145	2604	2061	1744	1429	1463
Promedio	1467	1335	1750	2071	2499	2256	2175	2282	1988	1673	1327	1315
Porcentaje	115%			126%			3%			5%		
Diferencia	635			1611			-213			-232		

Tabla 10. Comparativos valores reales 2023 y 2022 en sectores fuera

Finalmente, al comparativo de valores reales 2023 y 2022 para sectores fuera véase figura 27, nos indica que en los meses de junio a diciembre comienzan a disminuir los eventos, indicativo de una contención positiva, manteniendo el cumplimiento de la meta. Para la figura número 28, se observa nuevamente que en valores acumulados no alcanzamos a mejorar, sin embargo, mantenemos una tendencia positiva en el cumplimiento mensual.

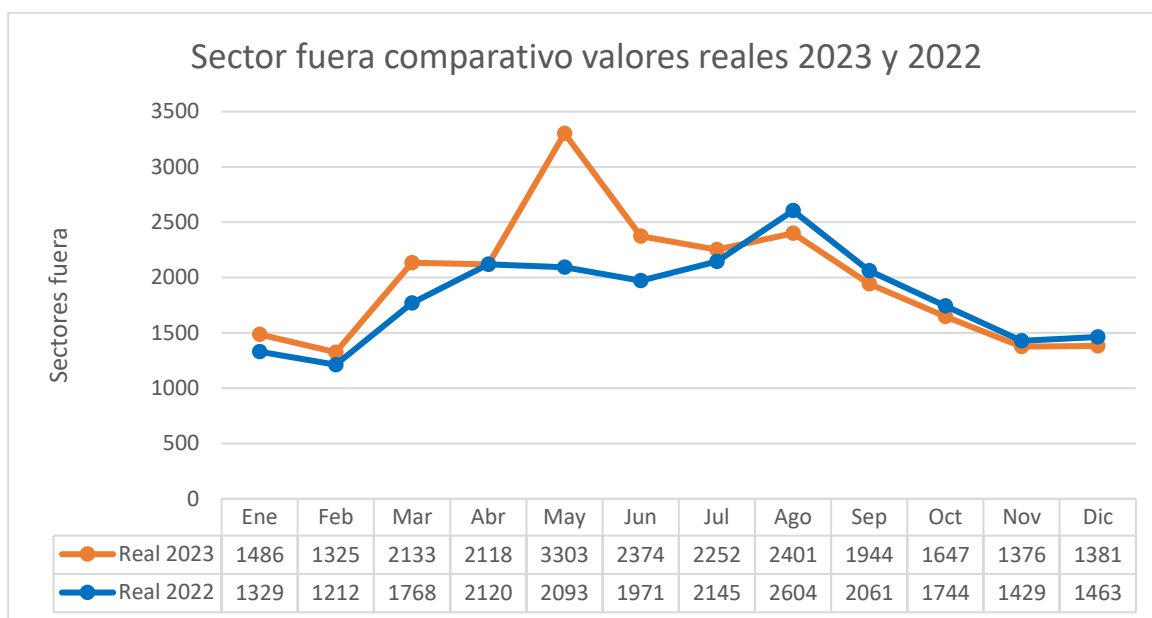


Figura 27. Sector fuera comparativo valores reales 2023 y 2022

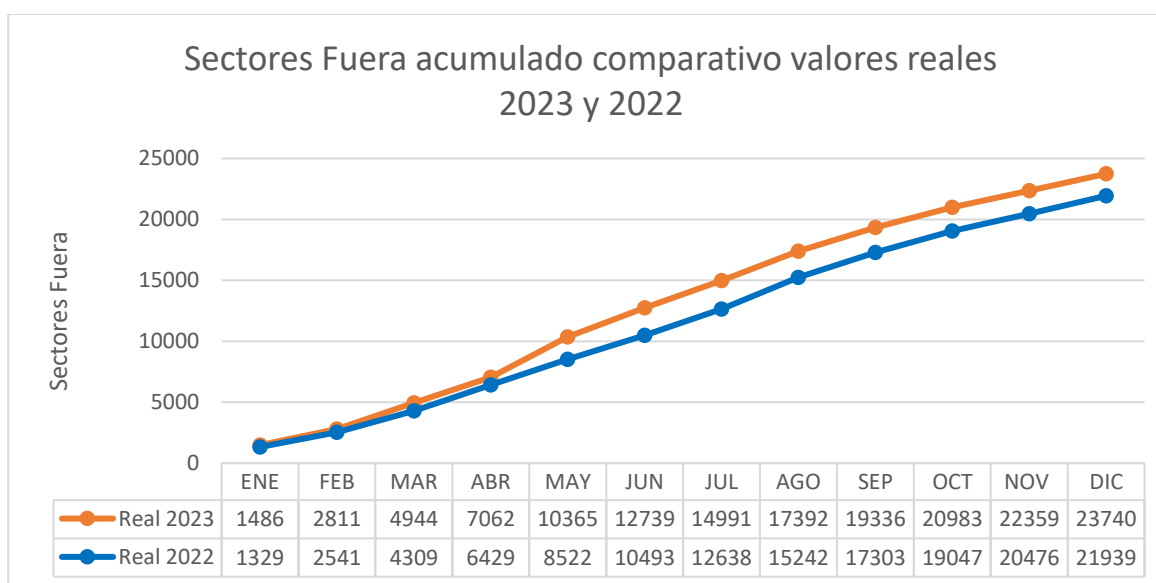


Figura 28. Sector fuera acumulado comparativos valores reales 2023 y 2022

4.2 Conclusiones

Para alcanzar la mejora en los términos de calidad, continuidad y confiabilidad en el suministro de energía eléctrica es importante cuestionarnos: ¿Tenemos clara la problemática?, ¿sabemos cómo lograr los resultados?, ¿contamos con estrategias para alcanzar lo que buscamos?, ¿disponemos de registros de control?, ¿comparamos los valores reales con valores meta?, ¿es alcanzable el plan de acción?, ¿evaluamos los programas de mantenimiento?, ¿hacemos retroalimentación de las lecciones aprendidas?, todas estas preguntas sin duda nos llevan a evolucionar los estándares de calidad, en otras palabras, nos hace más críticos y exigentes sobre el servicio de energía eléctrica, que se brinda y entrega a los clientes.

Podemos concluir, que derivado de los análisis de inconformidades de distribución y estrategias de mantenimiento que se implementaron para contener y reducir IMUD, se logró el cumplimiento de inconformidades mensuales en los últimos dos trimestres, con una tendencia menor a los históricos de otros años y metas, siendo el caso contrario para las inconformidades de manera acumulada, donde no se cumplió quedando desviado.

4.2.1 Recomendaciones

Es sumamente importante involucrar a otros procesos como el caso de el centro de servicio al cliente (CSC) y proceso comercial para ejecución de mantenimientos integrales en campo, para tener una mayor cobertura en el mantenimiento e impactar con mayor fuerza las inconformidades de distribución y mejorar la percepción de los clientes sobre el servicio de energía eléctrica otorgado.

Derivado de la gran cantidad de registros y datos sobre el mantenimiento otorgado a inconformidades de distribución en una table de Excel, se complica el ordenamiento y filtrado de la información, por lo que se propone migrar a una base de datos en ambiente web que nos permita obtener reportes en línea.

Referencias

- [1] Cámara de diputados, “Ley de la Industria Eléctrica” Diario oficial de la federación, CD de México, 11-05-2022
- [2] Cámara de diputados, “Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica” Diario oficial de la federación, CD de México, 11-10-2014
- [3] RES/550/2021, Comisión Reguladora de Energía, “Disposiciones Administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional”, CD de México, 31 diciembre 2021
- [4] A. Vega García, “Instructivo para la implementación de “Automatismo de las RGD a través de la unidad central maestra”, Comisión Federal de Electricidad, CD de México, I-4003-903, 2017.
- [5] E. Dounce Villanueva, “La productividad en el mantenimiento industrial”, CD de México, 2006
- [6] J. Arce Salas, “Manual de procedimientos comerciales atención de inconformidades” Comisión Federal de Electricidad CD de México, 2005
- [7] G. Arizmendi Gamboa, “Instructivo para la atención integral de circuitos en propiedad, en las redes generales de distribución”, Comisión Federal de Electricidad, CD de México, I-4001-1924, 2019.
- [8] M. Meraz-Méndez “Revista de ingeniería tecnológica”, Tecnologías de mantenimiento industrial en la industria, Chihuahua, México, Artículo
- [9] R. Santa Maria, “Elementos de probabilidad y estadística”, Argentina, 2019
- [10] G. Arizmendi Gamboa, “Instructivo para la atención y disminución de las inconformidades por cada mil usuarios en las redes generales de distribución”, Comisión Federal de Electricidad, CD de México, 2018.
- [11] J. Santiago Gallegos “Instructivo de Actividades del Proceso Análisis de las Redes Generales de Distribución, Nivel Zona”, Comisión Federal de Electricidad, CD de México, 2019.
- [12] W. Mendenhall “Introducción a la probabilidad y estadística”, CD de México, 2010.

[13] J. Santiago Gallegos “Instructivo de Actividades del Proceso Operación de las Redes Generales de Distribución, Nivel Zona”, Comisión Federal de Electricidad, CD de México, 2019.

[14] M. Torres Vazquez, “Instructivo para gestionar la disminución del NI, TPR y UPA en las redes generales de distribución”, Comisión Federal de Electricidad, CD de México, I-4001-1923, 2018.

[15] J. Palomares Torres, “Formulación y control de los programas de mantenimiento a circuitos de distribución”, Comisión Federal de Electricidad, CD de México, ROM-4510, 1991.

[16] M. Torres Vázquez “Reglamento de seguridad e higiene capítulo 100 distribución”, Comisión Federal de Electricidad, CD de México, 2018.

[17] L. González Riva “Revista Electro Industria”, Soluciones tecnológicas para la minería, energía e industria, Chile, 2017.

[18] R. Mota Palomino “Distribución con redes eléctricas inteligentes”, Artículos Técnicos, CD de México, 2012.

[19] J. Santiago Gallegos “Instructivo para la Elaboración de Programas de Mantenimiento de Redes Aéreas en Media y Baja Tensión”, Comisión Federal de Electricidad, CD de México, 2019.

[20] J. Duncan Glover “Sistemas de Potencia Análisis y Diseño “Editorial Thomson, CD de México, 2003.

[21] M. Torres Vazquez, “Instructivo para gestionar la disminución del NI, TPR y UPA en las redes generales de distribución”, Comisión Federal de Electricidad, CD de México, I-4001-1923, 2018.

Anexos

Los gráficos que se muestran en la página número 57 a la 66 refieren al comportamiento de inconformidades de distribución (IMUD) y sectores, por número de eventos por zonas de distribución de acuerdo con lo siguiente:

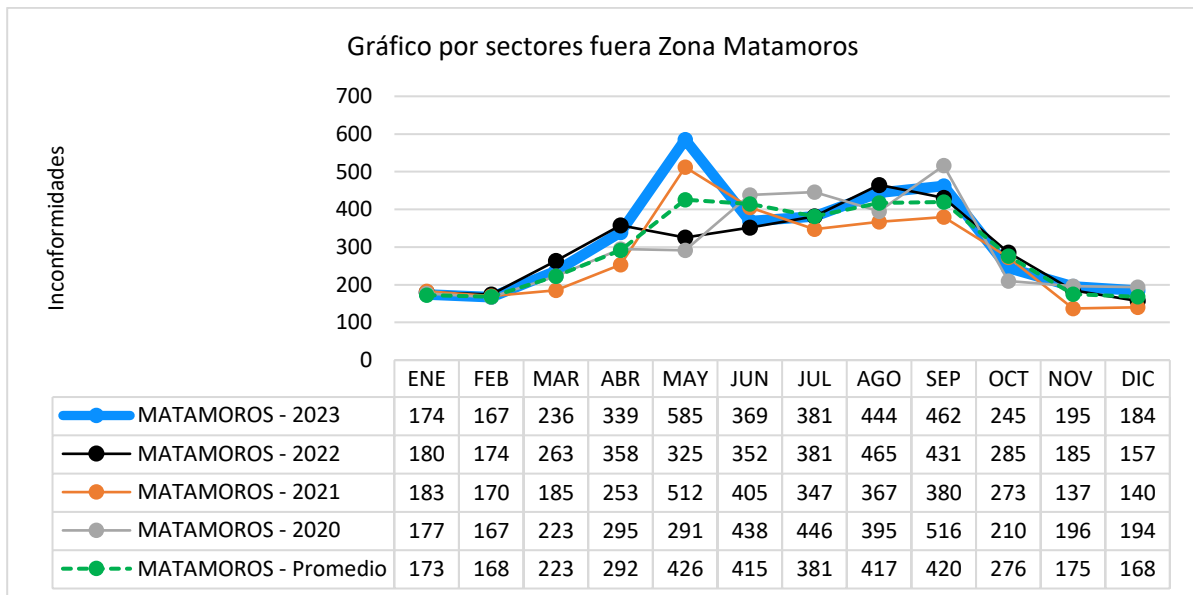
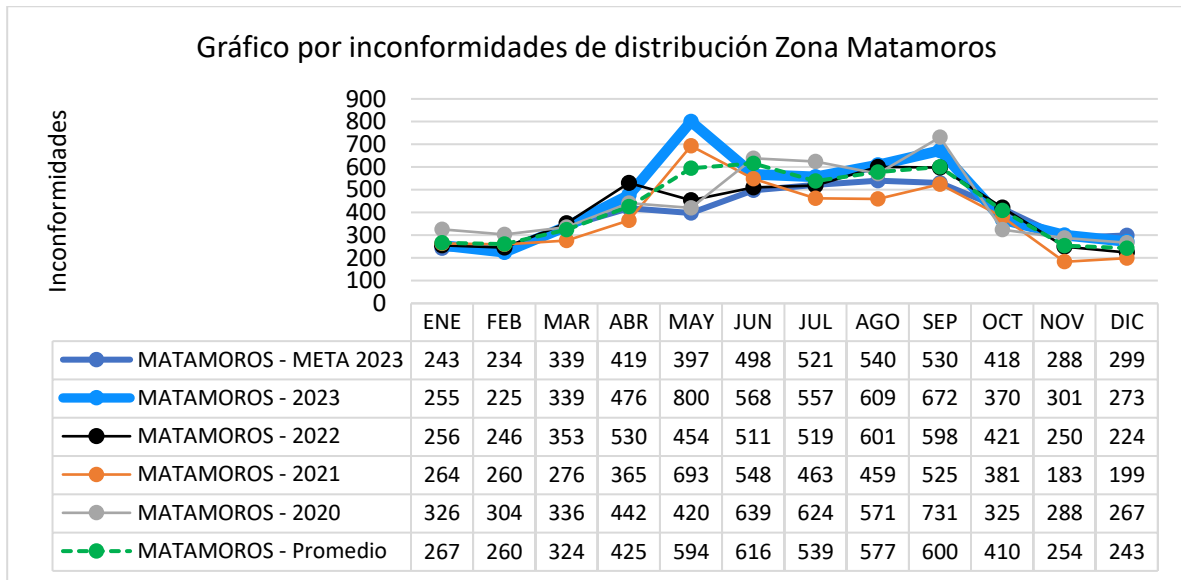
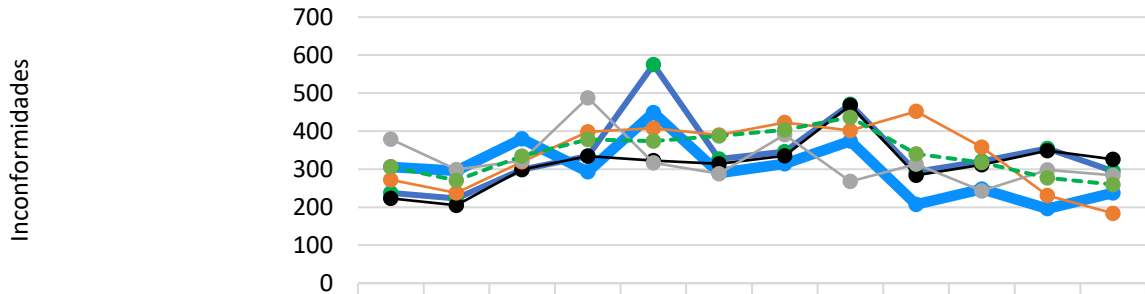
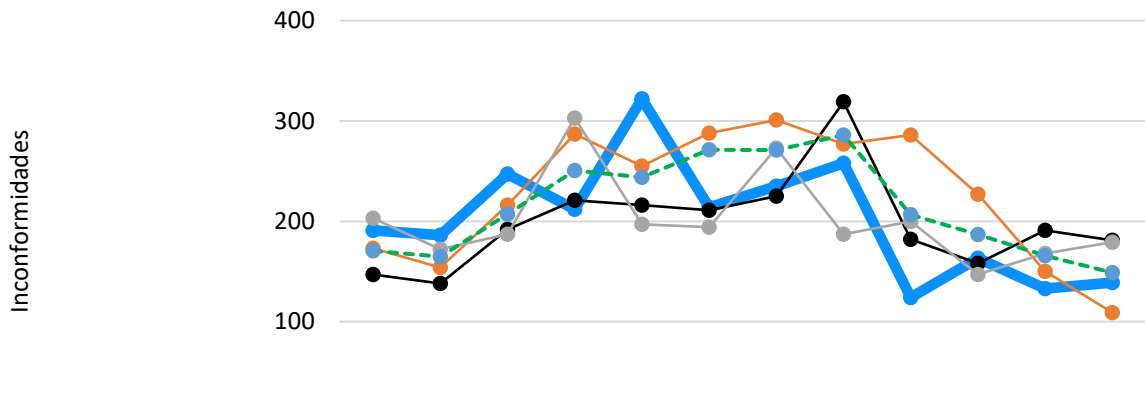


Gráfico por inconformidades de distribución Zona Pachuca



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PACHUCA - META 2023	238	223	299	334	575	327	346	471	293	321	355	295
PACHUCA - 2023	306	296	380	293	449	290	314	374	207	248	196	238
PACHUCA - 2022	223	205	299	334	323	314	335	468	284	312	349	326
PACHUCA - 2021	272	238	319	398	408	390	423	402	452	358	231	184
PACHUCA - 2020	379	299	323	488	317	288	391	268	313	243	298	284
PACHUCA - Promedio	306	271	334	378	374	388	403	437	340	317	277	260

Gráfico por sectores fuera Zona Pachuca



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PACHUCA - 2023	191	186	247	212	322	214	235	258	124	163	133	139
PACHUCA - 2022	147	138	192	221	216	211	225	319	182	158	191	181
PACHUCA - 2021	173	154	216	287	255	288	301	277	286	227	150	109
PACHUCA - 2020	203	172	187	303	197	194	273	187	200	147	168	179
PACHUCA - Promedio	170	165	207	251	244	271	271	286	206	187	166	149

Gráfico por inconformidades de distribución Puebla Oriente

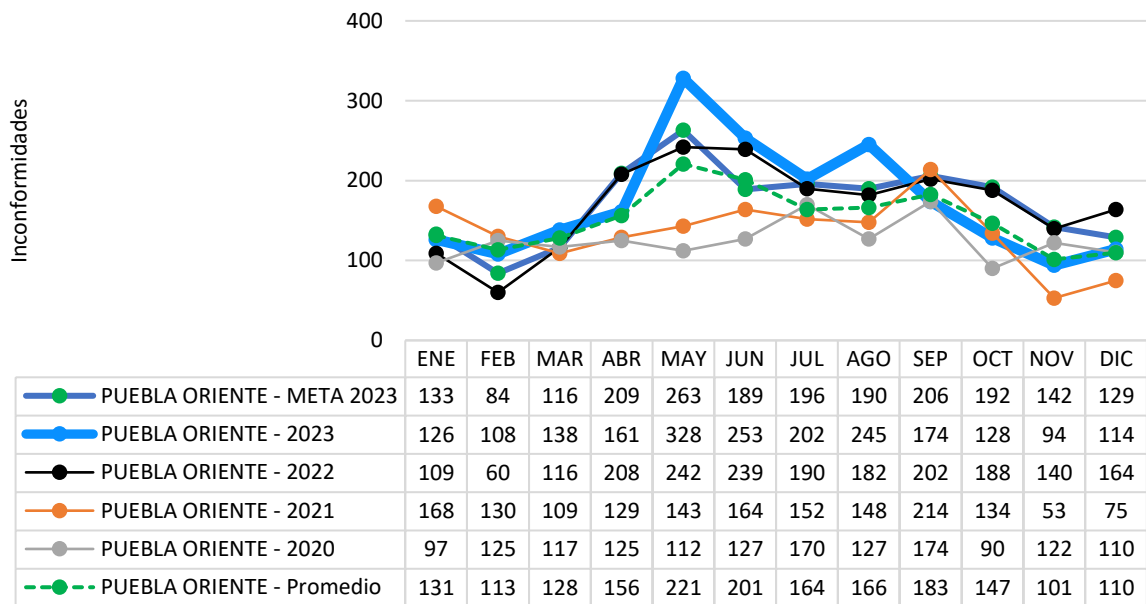


Gráfico por sectores fuera Zona Puebla Oriente

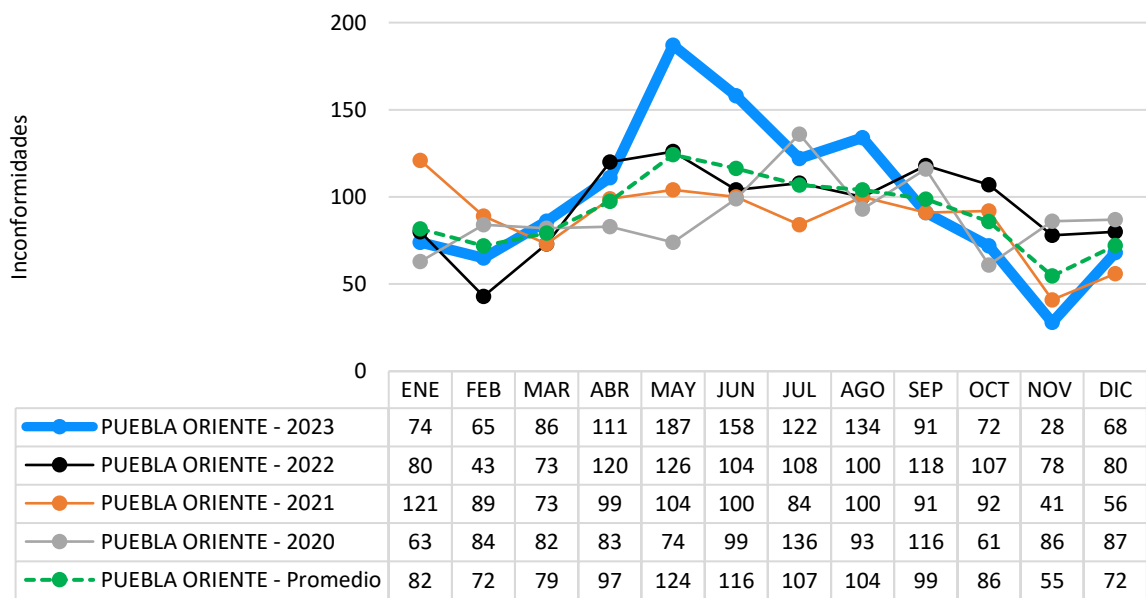
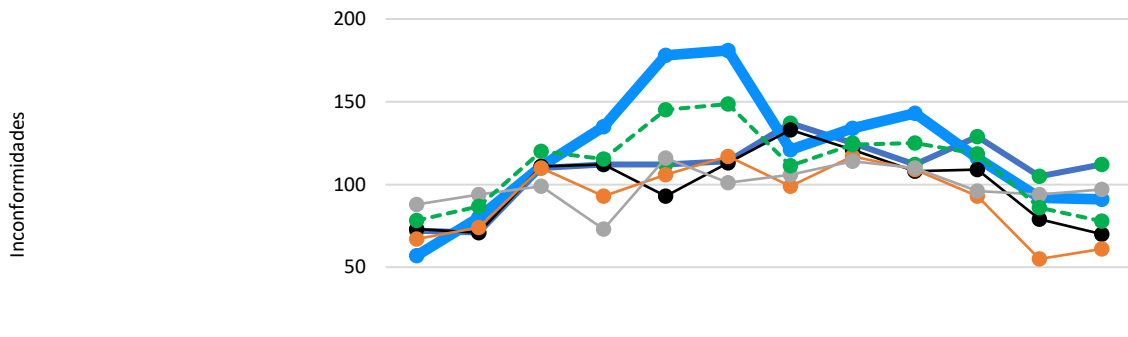
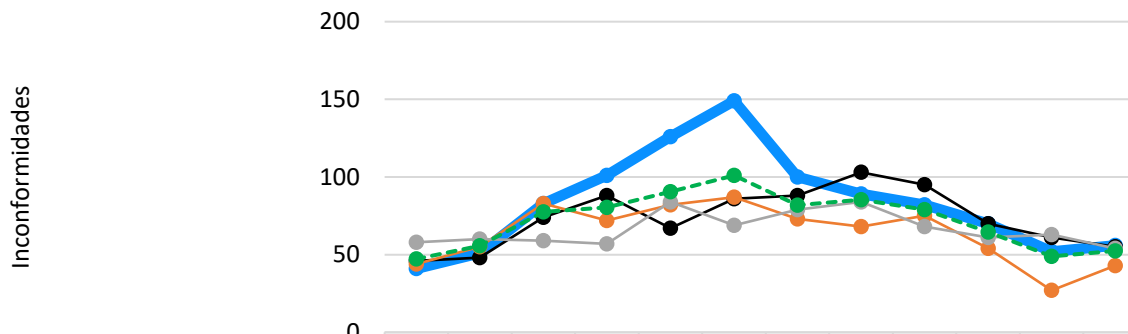


Gráfico por inconformidades de distribución Zona Puebla Poniente



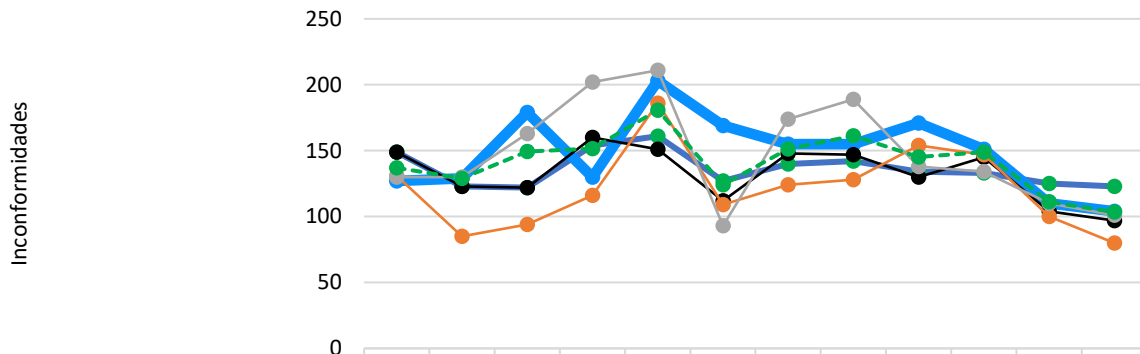
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
● PUEBLA PONIENTE - META 2023	72	71	110	112	112	114	137	125	112	129	105	112
● PUEBLA PONIENTE - 2023	57	80	111	135	178	181	121	134	143	116	92	91
● PUEBLA PONIENTE - 2022	73	71	111	112	93	113	133	121	108	109	79	70
● PUEBLA PONIENTE - 2021	67	74	110	93	106	117	99	117	109	93	55	61
● PUEBLA PONIENTE - 2020	88	94	99	73	116	101	106	114	110	96	94	97
● PUEBLA PONIENTE - Promedio	78	87	120	115	145	149	111	124	125	118	86	78

Gráfico por sectores fuera Zona Puebla Poniente



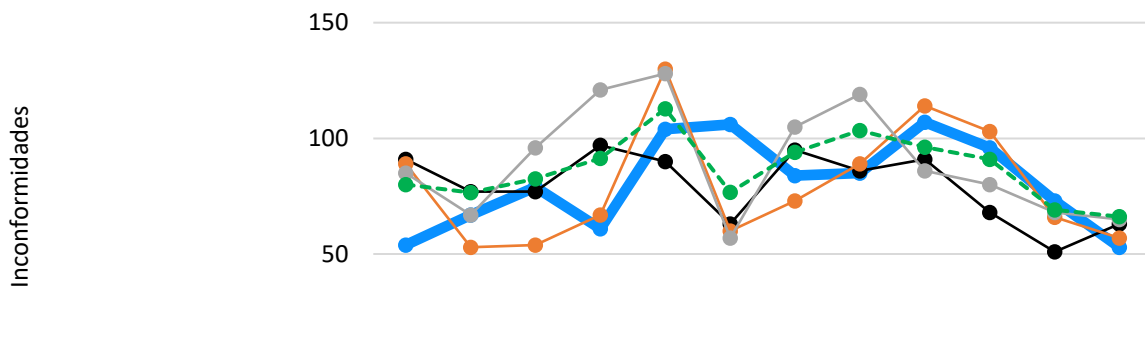
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
● PUEBLA PONIENTE - 2023	41	51	83	101	126	149	100	89	82	70	52	56
● PUEBLA PONIENTE - 2022	46	48	74	88	67	86	88	103	95	70	61	55
● PUEBLA PONIENTE - 2021	44	55	83	72	82	87	73	68	75	54	27	43
● PUEBLA PONIENTE - 2020	58	60	59	57	84	69	79	84	68	61	63	54
● PUEBLA PONIENTE - Promedio	47	56	78	80	91	101	82	85	79	65	49	52

Gráfico por inconformidades de distribución Zona San Martin



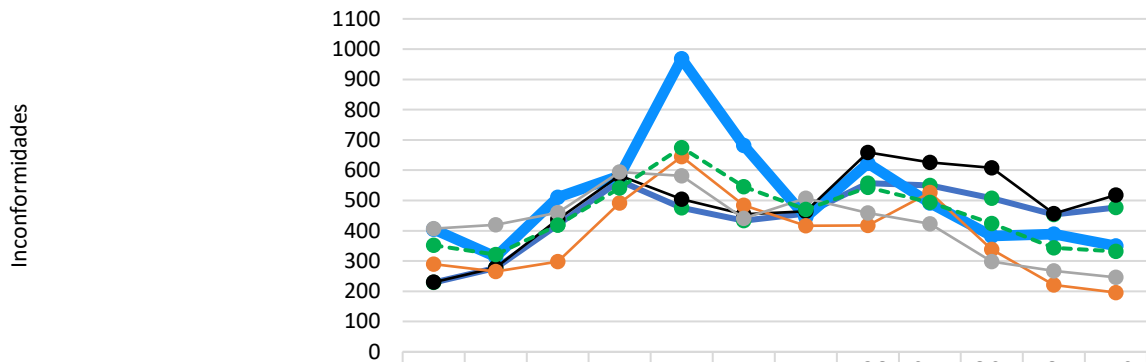
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
● SAN MARTIN - META 2023	149	123	122	154	161	127	140	142	134	133	125	123
● SAN MARTIN - 2023	127	129	179	130	203	169	155	155	171	151	110	104
● SAN MARTIN - 2022	149	123	122	160	151	112	148	147	130	145	104	97
● SAN MARTIN - 2021	131	85	94	116	186	109	124	128	154	147	100	80
● SAN MARTIN - 2020	130	130	163	202	211	93	174	189	138	134	110	101
● SAN MARTIN - Promedio	137	129	149	152	181	124	151	161	145	149	111	103

Gráfico por sectores fuera Zona San Martin



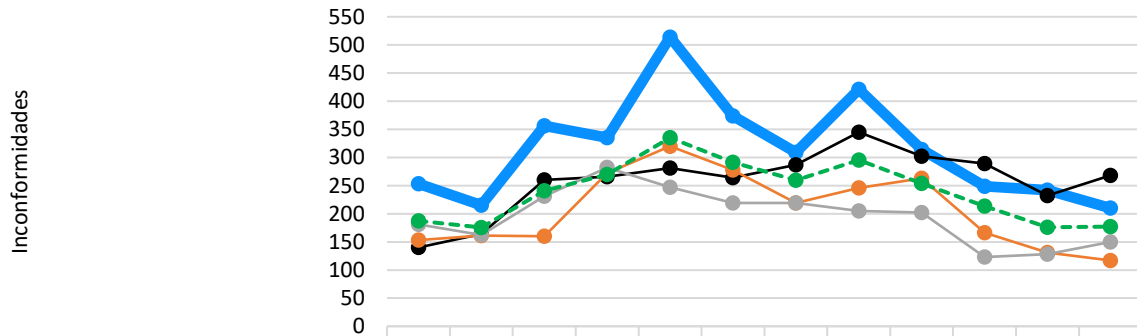
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
● SAN MARTIN - 2023	54	67	79	61	104	106	84	85	107	96	73	53
● SAN MARTIN - 2022	91	77	77	97	90	63	95	86	91	68	51	63
● SAN MARTIN - 2021	89	53	54	67	130	60	73	89	114	103	66	57
● SAN MARTIN - 2020	85	67	96	121	128	57	105	119	86	80	68	65
● SAN MARTIN - Promedio	80	77	83	91	113	77	94	103	96	91	69	66

Gráfico por inconformidades de distribución Zona Tecamachalco



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TECAMACHALCO - META 2023	229	277	420	565	476	434	457	557	550	507	454	477
TECAMACHALCO - 2023	405	314	511	581	968	682	445	623	492	383	389	350
TECAMACHALCO - 2022	230	278	438	583	504	455	464	659	626	608	457	518
TECAMACHALCO - 2021	290	265	298	492	645	484	417	418	527	338	221	196
TECAMACHALCO - 2020	407	420	460	594	582	441	508	459	423	298	267	246
TECAMACHALCO - Promedio	353	321	419	542	675	546	471	543	494	424	344	332

Gráfico por sectores fuera Zona Tecamachalco



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TECAMACHALCO - 2023	253	215	356	335	514	374	309	421	314	249	242	210
TECAMACHALCO - 2022	140	164	260	266	281	264	287	345	302	289	232	268
TECAMACHALCO - 2021	153	161	160	272	320	278	219	246	263	166	131	117
TECAMACHALCO - 2020	181	162	231	282	247	219	219	205	202	123	128	150
TECAMACHALCO - Promedio	187	176	241	270	335	291	260	295	254	214	176	177

Gráfico por inconformidades de distribución Zona Tehuacán

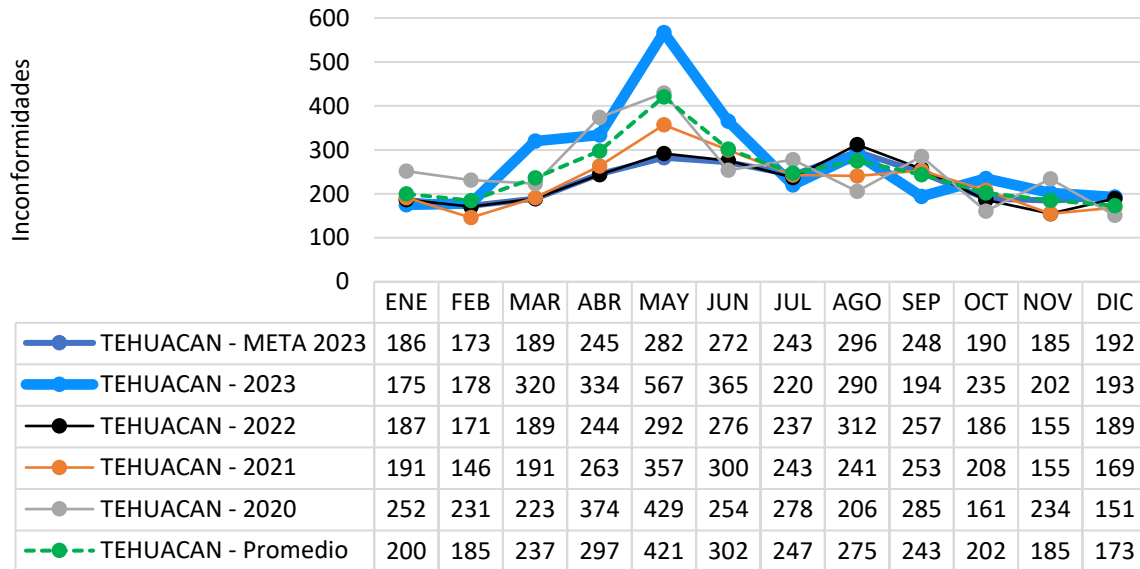


Gráfico por sectores fuera Zona Tehuacán

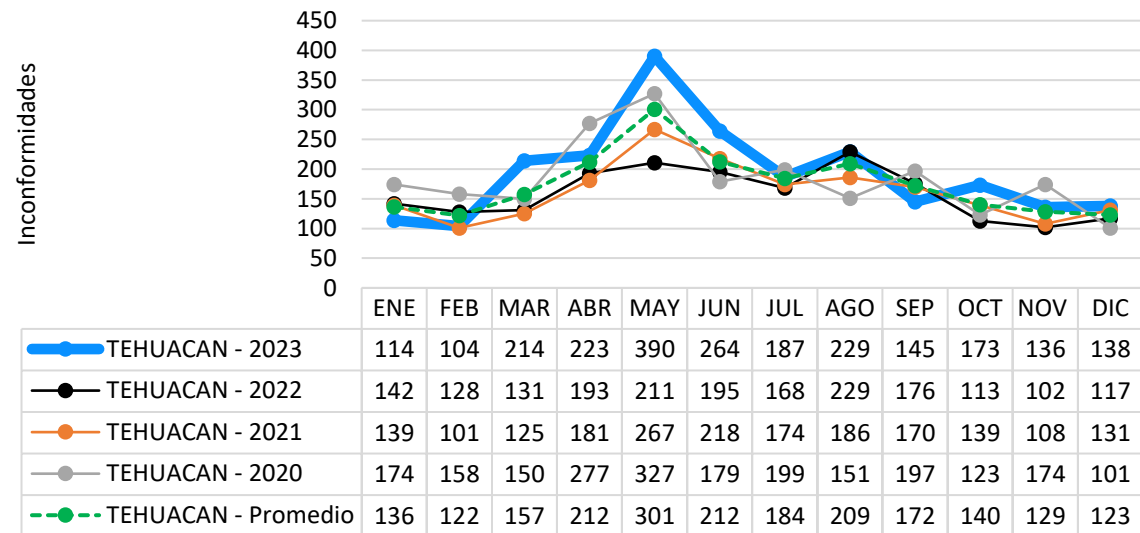


Gráfico por inconformidades de distribución Zona Tlaxcala

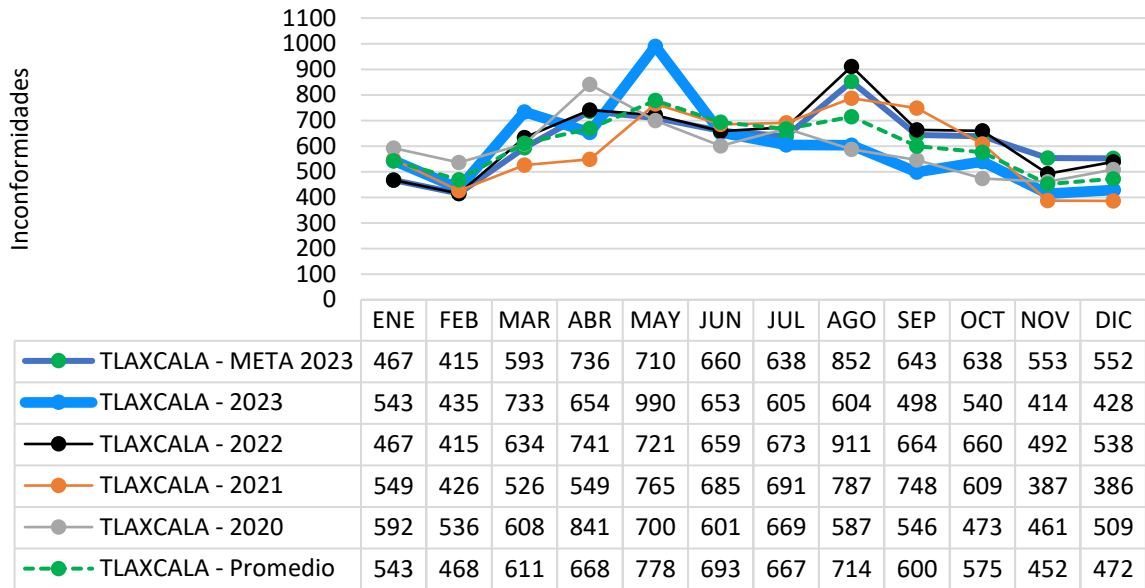


Gráfico por sectores fuera Zona Tlaxcala

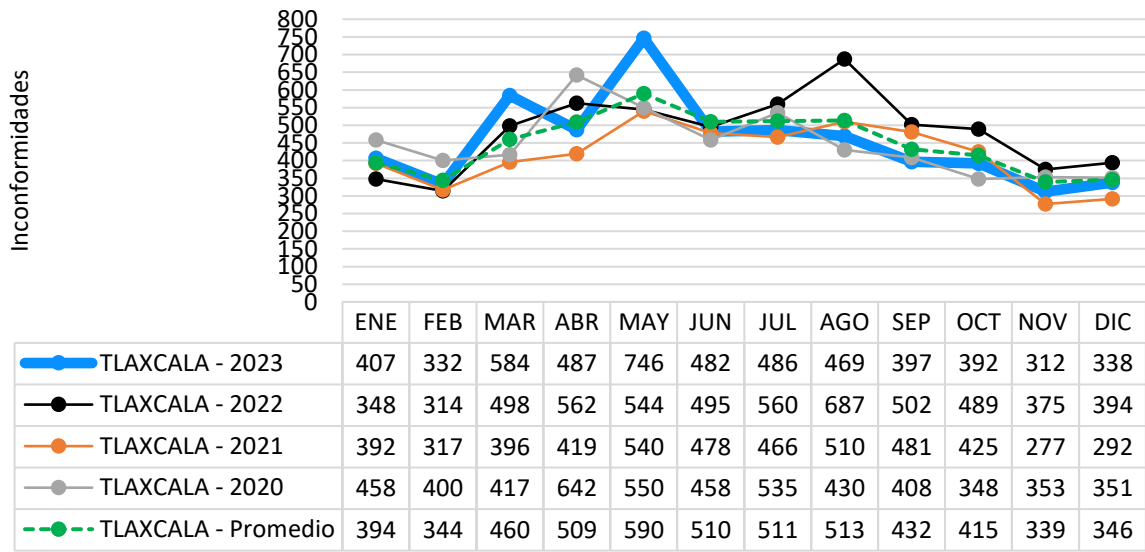
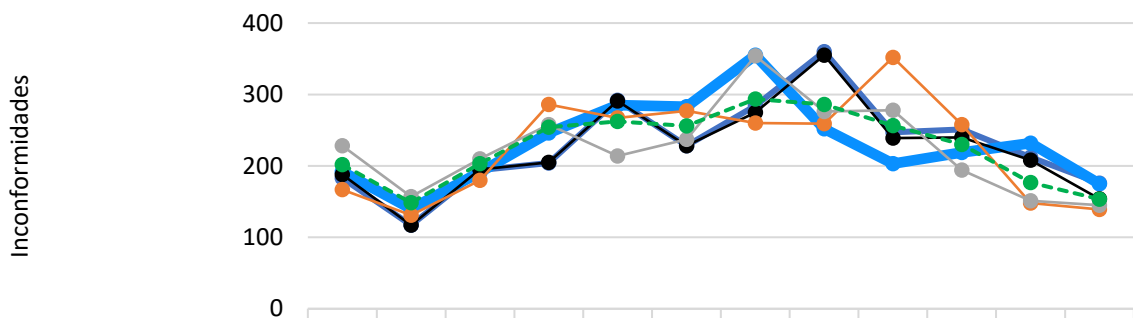
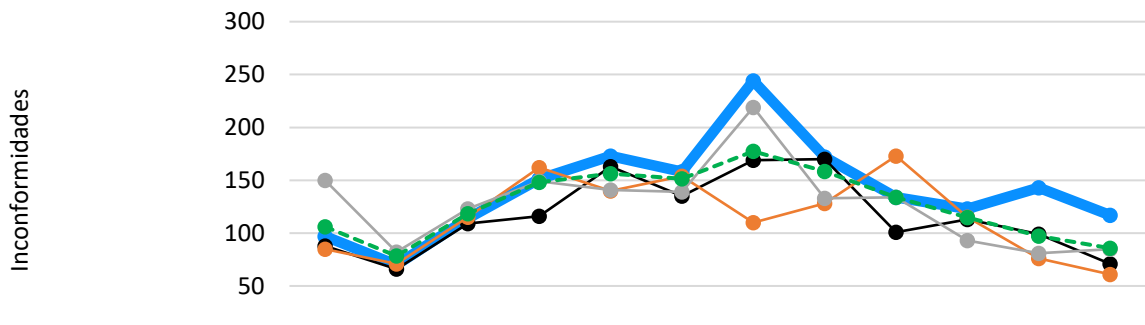


Gráfico por inconformidades de distribución Zona Tula



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
—●— TULA - META 2023	183	117	194	204	292	228	284	360	247	251	212	176
—●— TULA - 2023	192	140	191	246	285	283	355	252	203	219	232	175
—●— TULA - 2022	188	117	195	205	291	228	275	355	239	240	208	154
—●— TULA - 2021	167	131	180	286	267	277	260	259	352	258	148	139
—●— TULA - 2020	228	157	210	258	214	237	354	276	278	194	151	145
—●— TULA - Promedio	202	148	203	254	262	256	294	286	256	230	177	154

Gráfico por sectores fuera Zona Tula



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
—●— TULA - 2023	97	70	114	151	173	158	244	172	134	123	143	117
—●— TULA - 2022	88	66	109	116	163	135	169	170	101	113	99	71
—●— TULA - 2021	85	71	115	162	140	154	110	128	173	115	76	61
—●— TULA - 2020	150	82	123	149	141	139	219	133	134	93	81	85
—●— TULA - Promedio	106	78	118	148	156	151	177	158	134	115	97	86

Gráfico por inconformidades de distribución Tulancingo

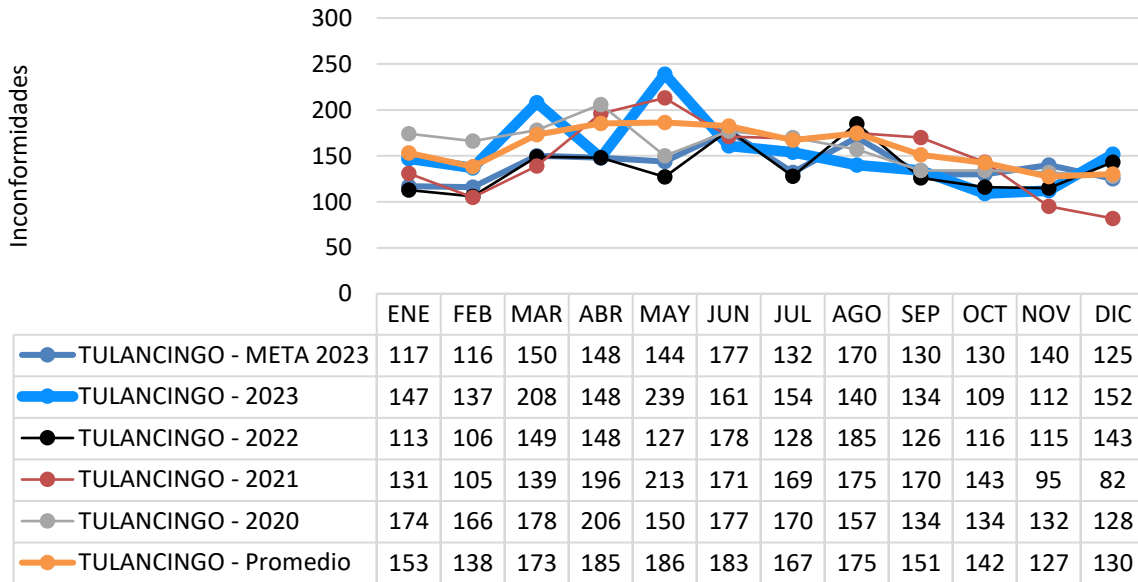
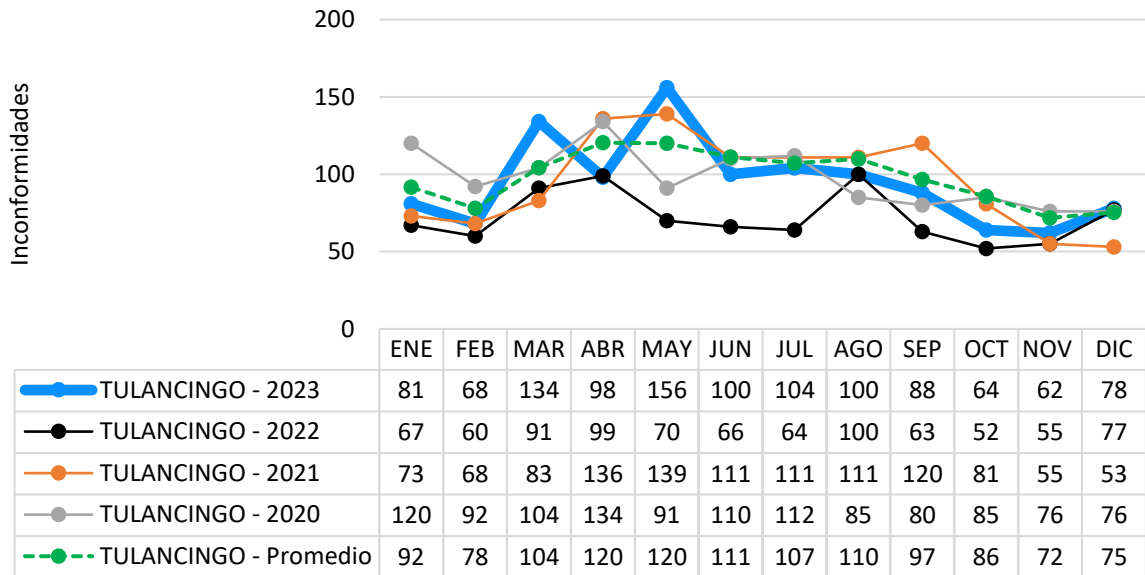


Gráfico por sectores fuera Zona Tulancingo



Los gráficos que se observan en la página numero 67 a la 72 refieren al comportamiento de inconformidades de distribución (IMUD) por indicador, a nivel divisional y de zona de acuerdo con lo siguiente:

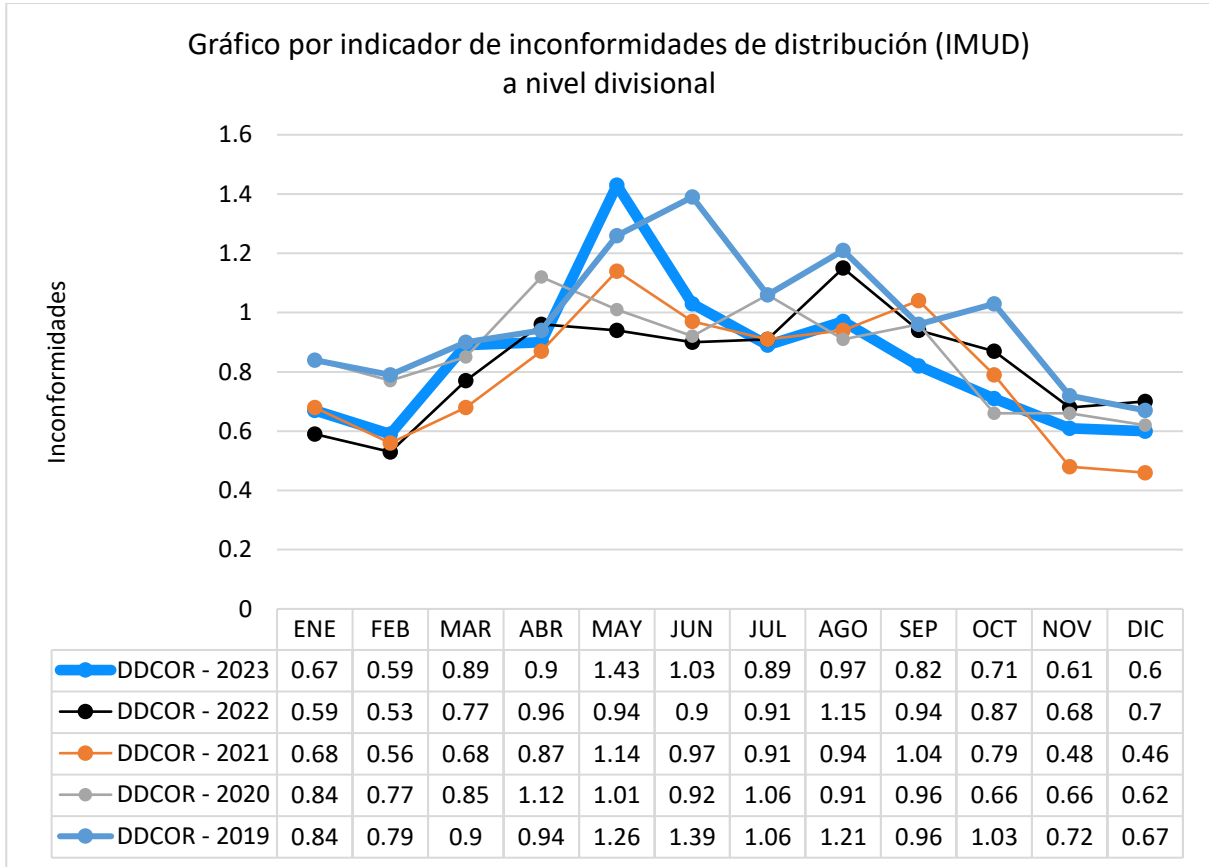


Gráfico por indicador de inconformidades de distribución (IMUD)
Zona Matamoros

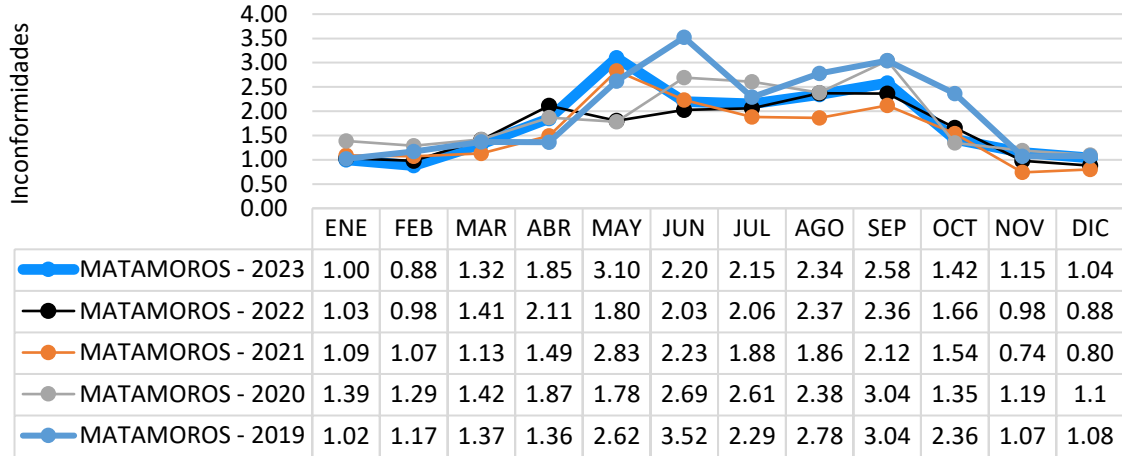


Gráfico por indicador de inconformidades de distribución (IMUD)
Zona Pachuca

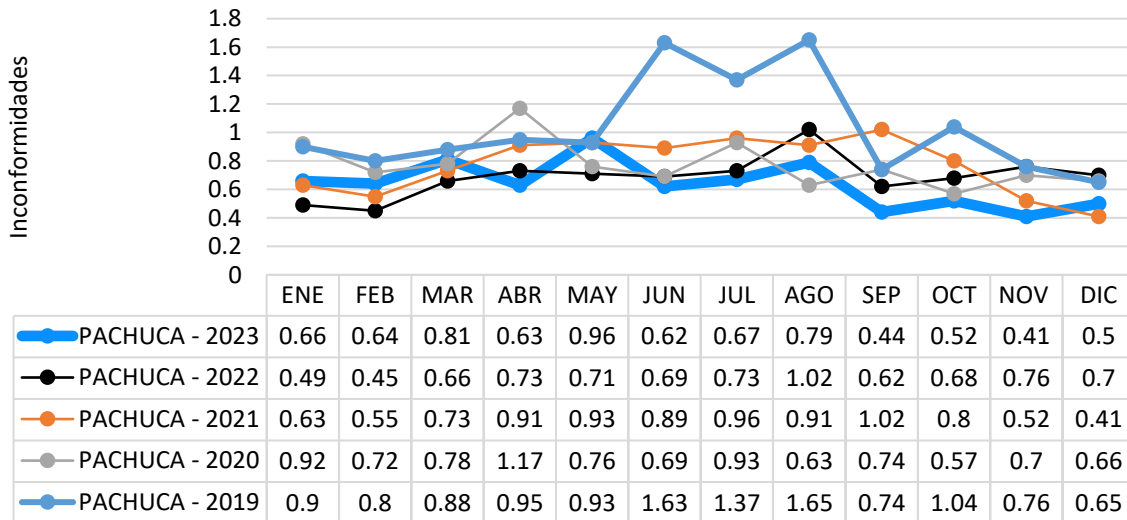


Gráfico por indicador de inconformidades de distribución (IMUD)
Zona Puebla Oriente

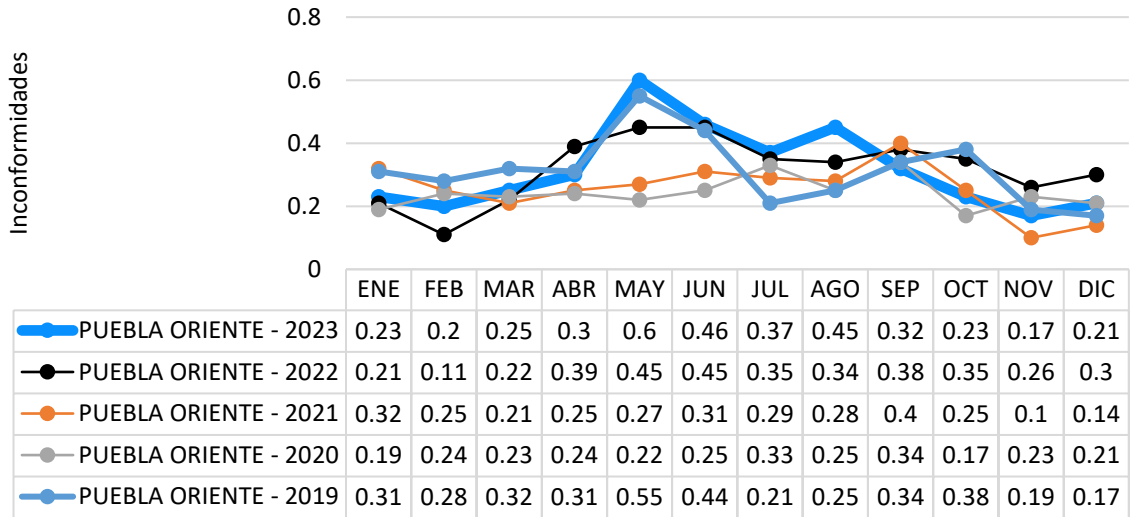


Gráfico por indicador de inconformidades de distribución (IMUD)
Zona Puebla Poniente

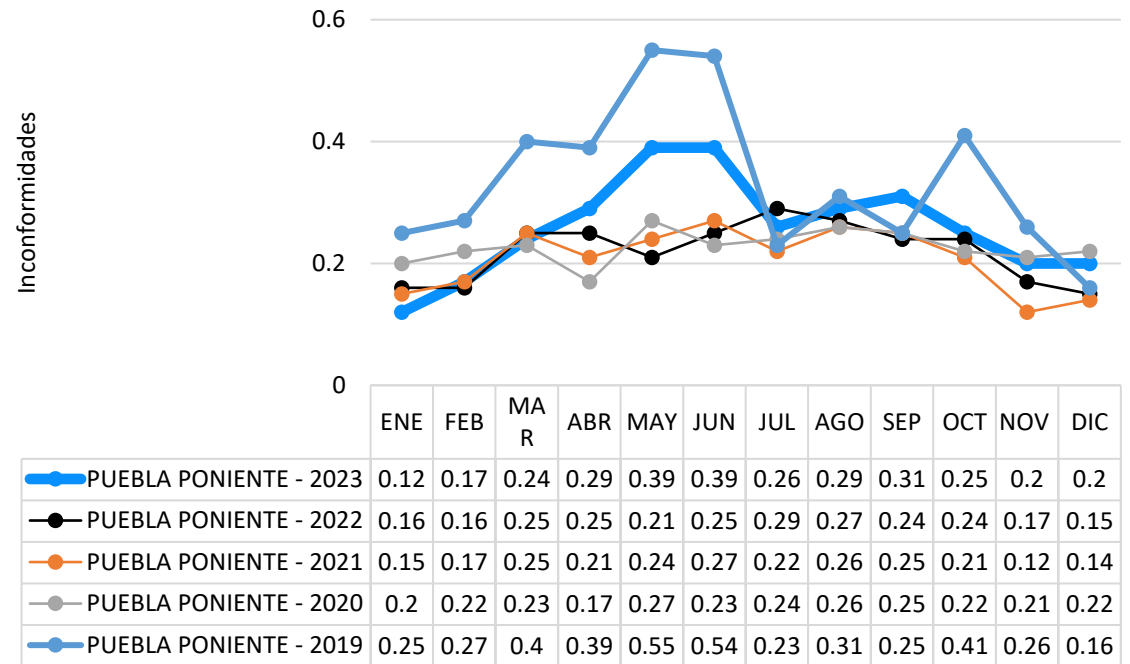
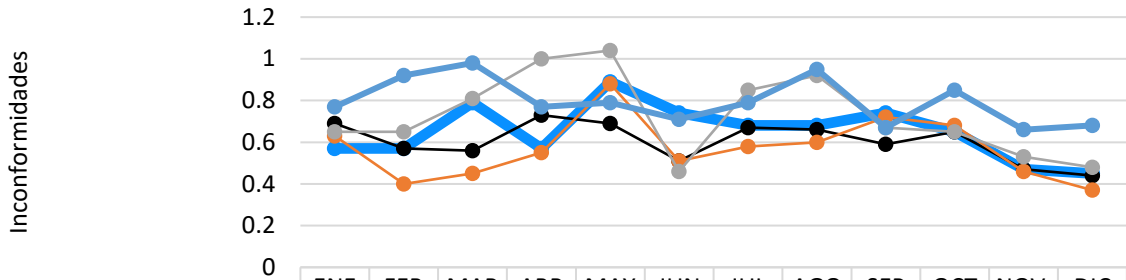
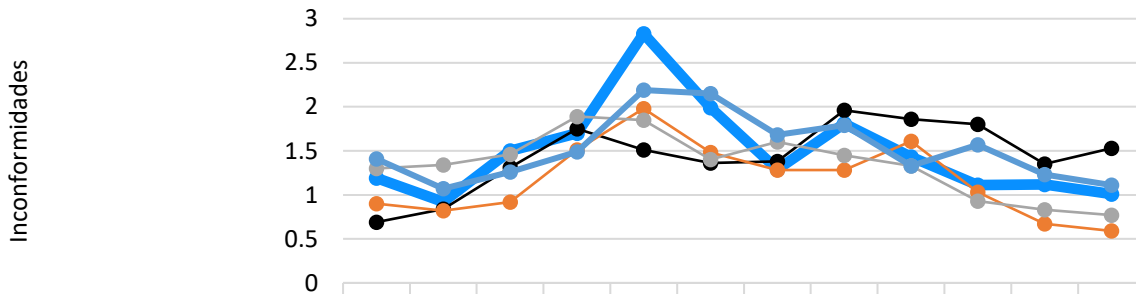


Gráfico por indicador de inconformidades de distribución (IMUD)
Zona San Martín



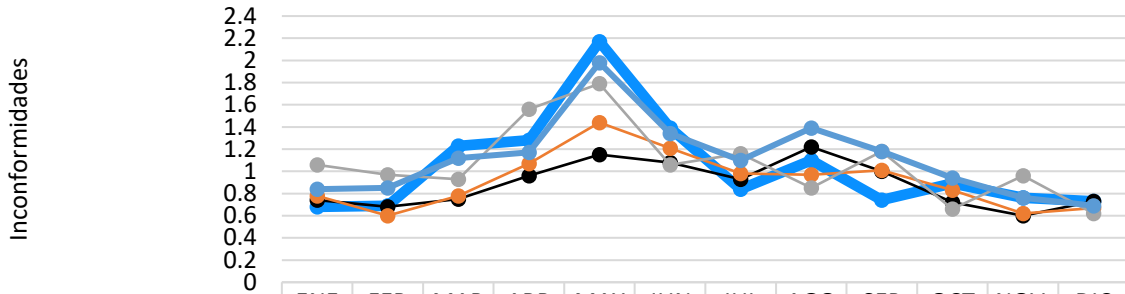
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
— SAN MARTIN - 2023	0.57	0.57	0.79	0.57	0.89	0.74	0.68	0.68	0.74	0.65	0.47	0.45
— SAN MARTIN - 2022	0.69	0.57	0.56	0.73	0.69	0.51	0.67	0.66	0.59	0.65	0.47	0.44
— SAN MARTIN - 2021	0.63	0.4	0.45	0.55	0.88	0.51	0.58	0.6	0.72	0.68	0.46	0.37
— SAN MARTIN - 2020	0.65	0.65	0.81	1	1.04	0.46	0.85	0.92	0.67	0.65	0.53	0.48
— SAN MARTIN - 2019	0.77	0.92	0.98	0.77	0.79	0.71	0.79	0.95	0.67	0.85	0.66	0.68

Gráfico por indicador de inconformidades de distribución (IMUD)
Zona Tecamachalco



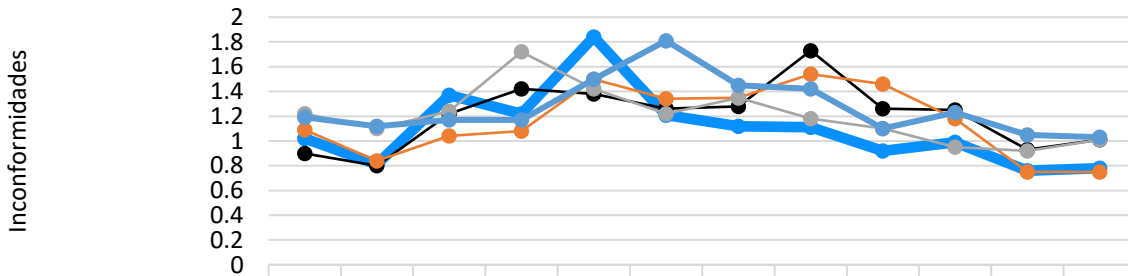
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
— TECAMACHALCO - 2023	1.19	0.92	1.5	1.7	2.83	1.99	1.29	1.81	1.43	1.11	1.12	1.01
— TECAMACHALCO - 2022	0.69	0.84	1.31	1.75	1.51	1.36	1.38	1.96	1.86	1.8	1.35	1.53
— TECAMACHALCO - 2021	0.9	0.82	0.92	1.51	1.98	1.48	1.28	1.28	1.61	1.03	0.67	0.59
— TECAMACHALCO - 2020	1.3	1.34	1.46	1.89	1.85	1.4	1.6	1.45	1.33	0.93	0.83	0.77
— TECAMACHALCO - 2019	1.41	1.07	1.26	1.49	2.19	2.15	1.68	1.79	1.33	1.57	1.23	1.11

Gráfico por indicador de inconformidades de distribución (IMUD)
Zona Tehuacán



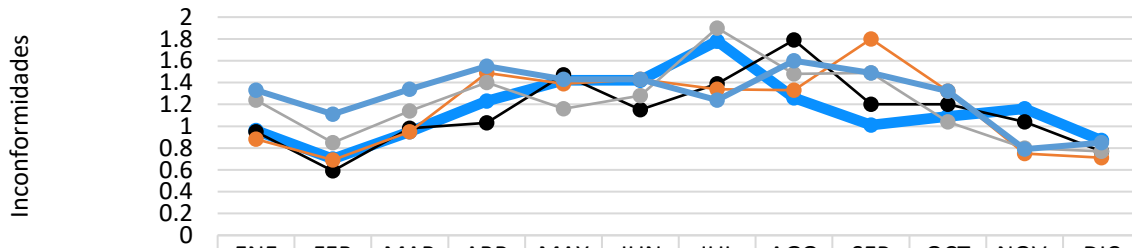
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TEHUACAN - 2023	0.68	0.69	1.23	1.28	2.17	1.39	0.84	1.1	0.74	0.89	0.76	0.73
TEHUACAN - 2022	0.74	0.68	0.75	0.96	1.15	1.08	0.93	1.22	1	0.72	0.6	0.73
TEHUACAN - 2021	0.78	0.6	0.78	1.07	1.44	1.21	0.98	0.97	1.01	0.83	0.62	0.67
TEHUACAN - 2020	1.06	0.97	0.93	1.56	1.79	1.06	1.16	0.85	1.18	0.66	0.96	0.62
TEHUACAN - 2019	0.84	0.85	1.12	1.17	1.98	1.34	1.1	1.39	1.18	0.94	0.76	0.69

Gráfico por indicador de inconformidades de distribución (IMUD)
Zona Tlaxcala



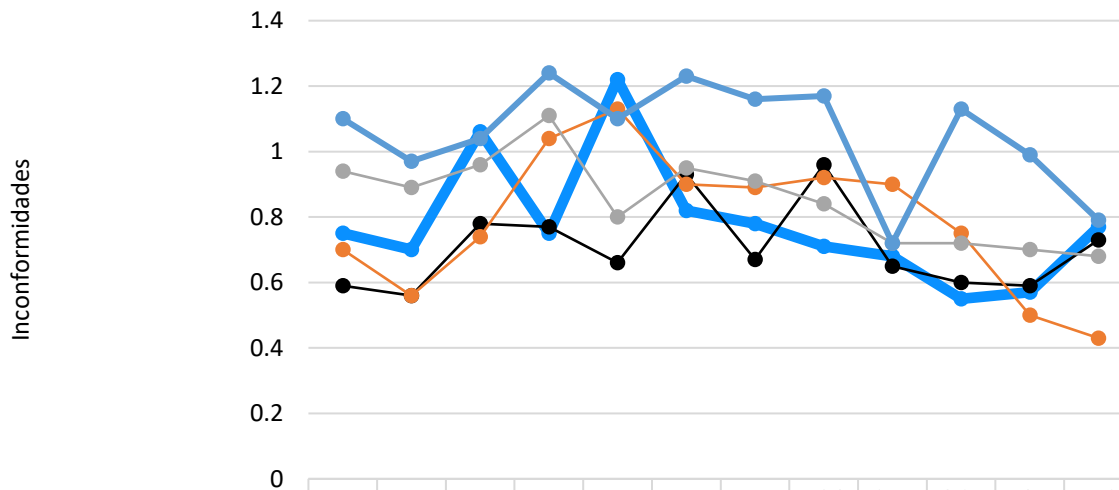
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TLAXCALA - 2023	1.02	0.81	1.37	1.22	1.84	1.21	1.12	1.11	0.92	0.99	0.76	0.78
TLAXCALA - 2022	0.9	0.8	1.22	1.42	1.38	1.26	1.28	1.73	1.26	1.25	0.93	1.01
TLAXCALA - 2021	1.09	0.84	1.04	1.08	1.5	1.34	1.35	1.54	1.46	1.18	0.75	0.75
TLAXCALA - 2020	1.22	1.1	1.24	1.72	1.42	1.22	1.35	1.18	1.1	0.95	0.92	1.01
TLAXCALA - 2019	1.19	1.12	1.17	1.17	1.5	1.81	1.45	1.42	1.1	1.23	1.05	1.03

Gráfico por indicador de inconformidades de distribución (IMUD)
Zona Tula



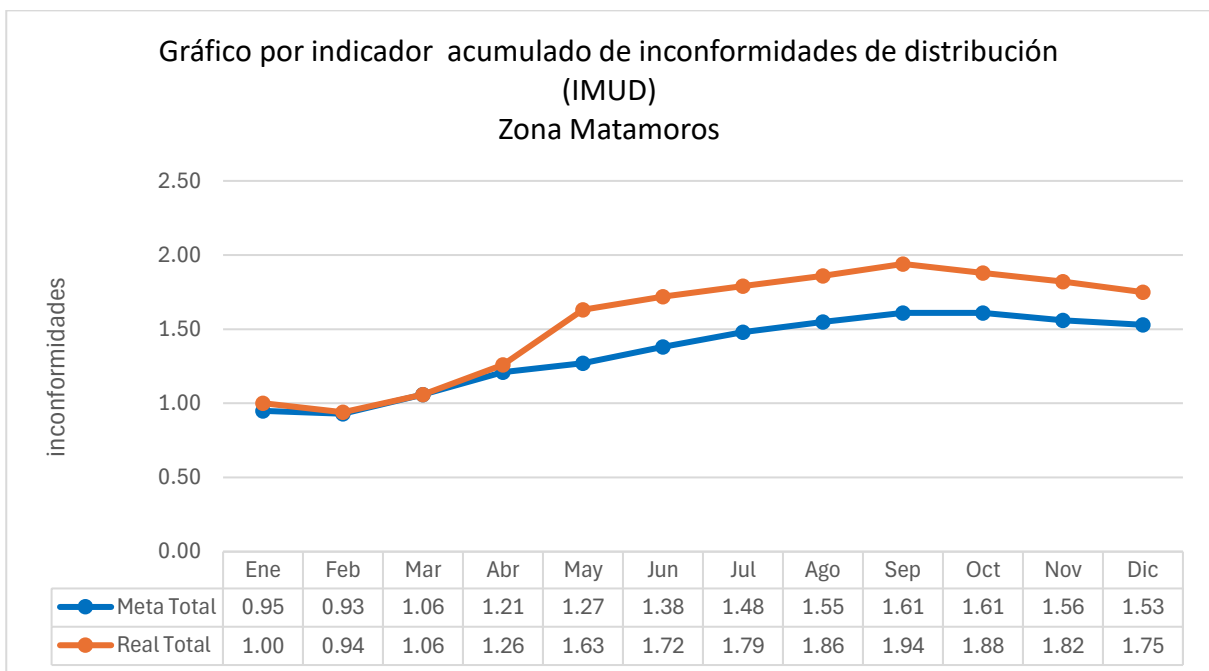
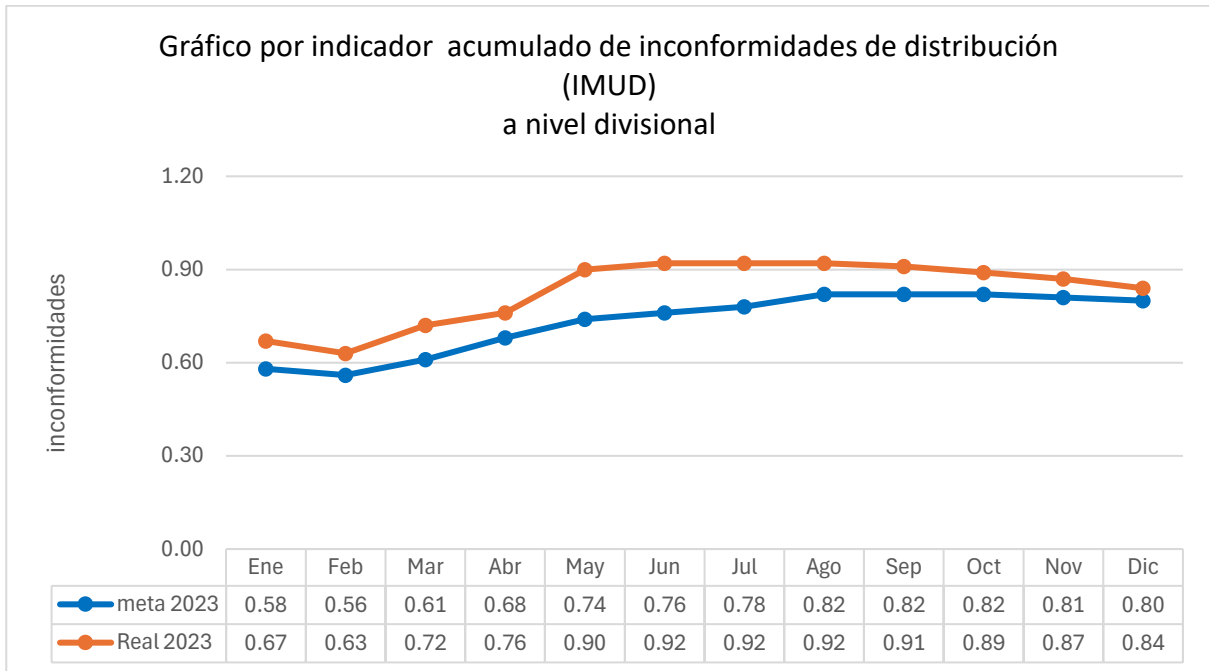
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TULA - 2023	0.96	0.7	0.95	1.23	1.42	1.42	1.78	1.26	1.01	1.09	1.16	0.87
TULA - 2022	0.95	0.59	0.98	1.03	1.47	1.15	1.39	1.79	1.2	1.2	1.04	0.77
TULA - 2021	0.88	0.69	0.95	1.49	1.39	1.43	1.34	1.33	1.8	1.32	0.75	0.71
TULA - 2020	1.24	0.85	1.14	1.4	1.16	1.28	1.9	1.48	1.49	1.04	0.8	0.77
TULA - 2019	1.33	1.11	1.34	1.55	1.43	1.43	1.24	1.6	1.49	1.32	0.79	0.85

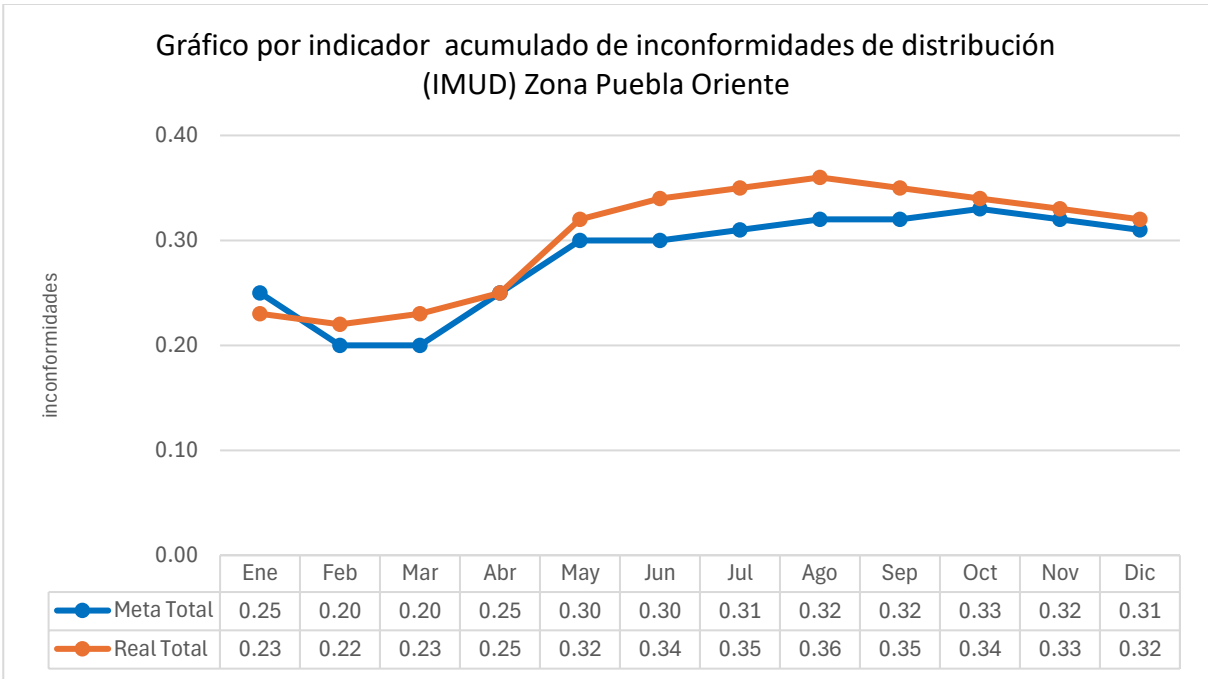
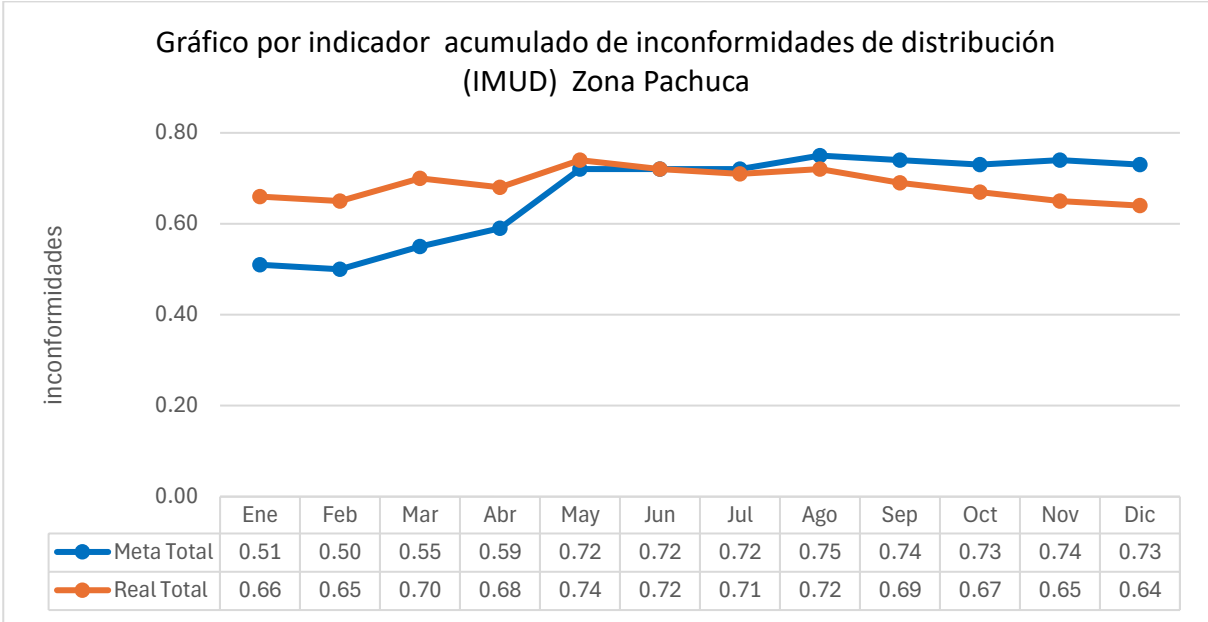
Gráfico por indicador de inconformidades de distribución (IMUD)
Zona Tulancingo

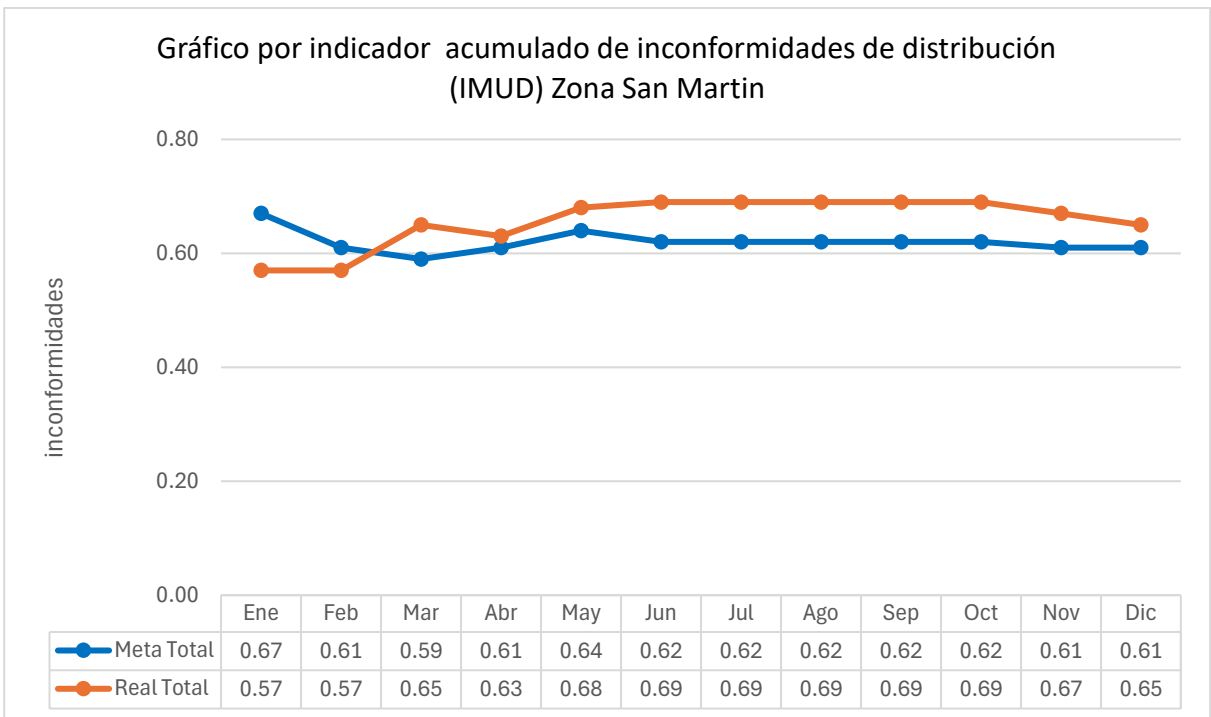
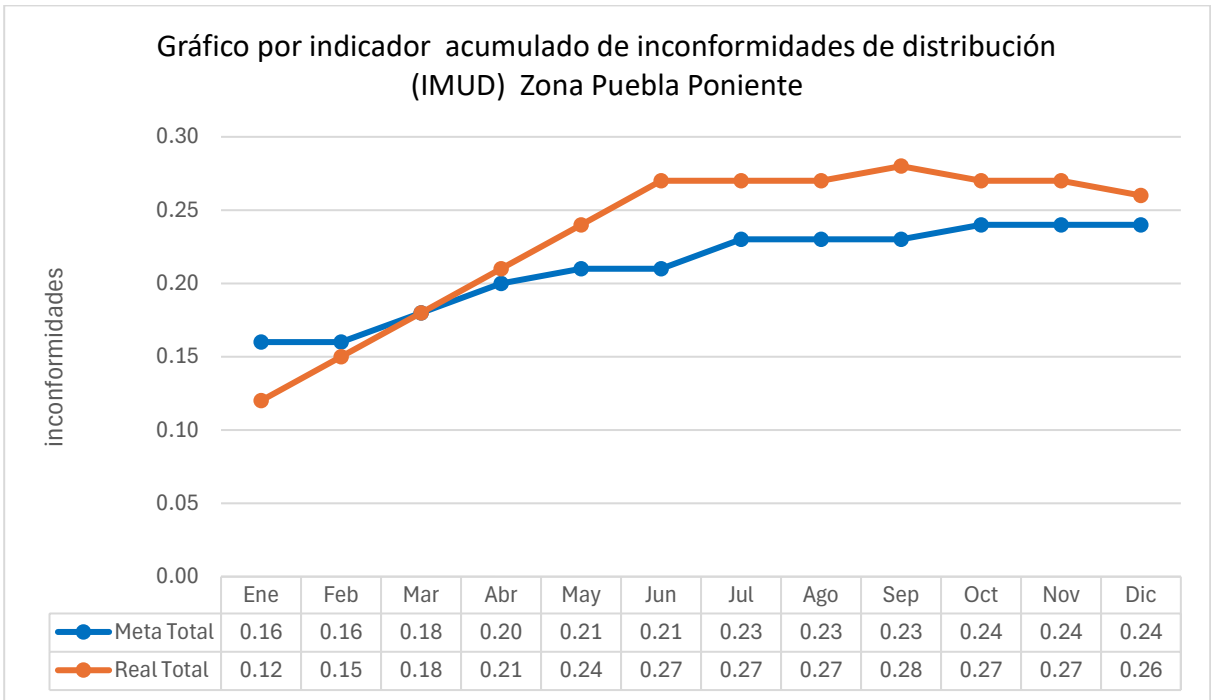


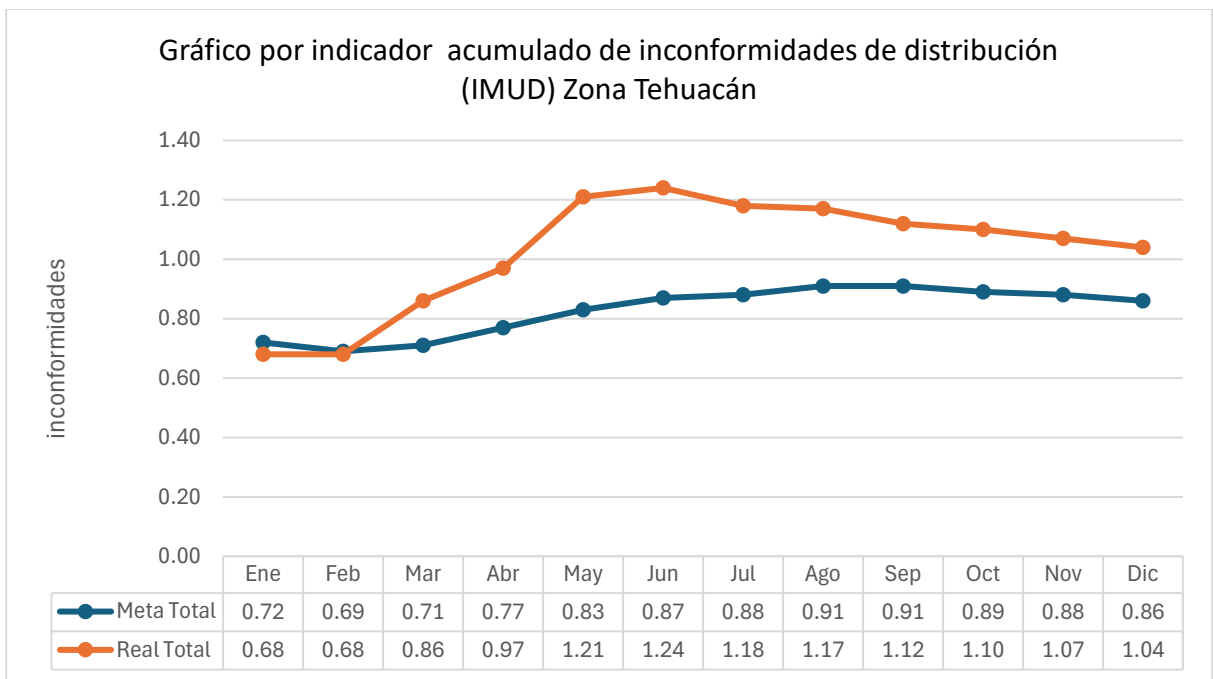
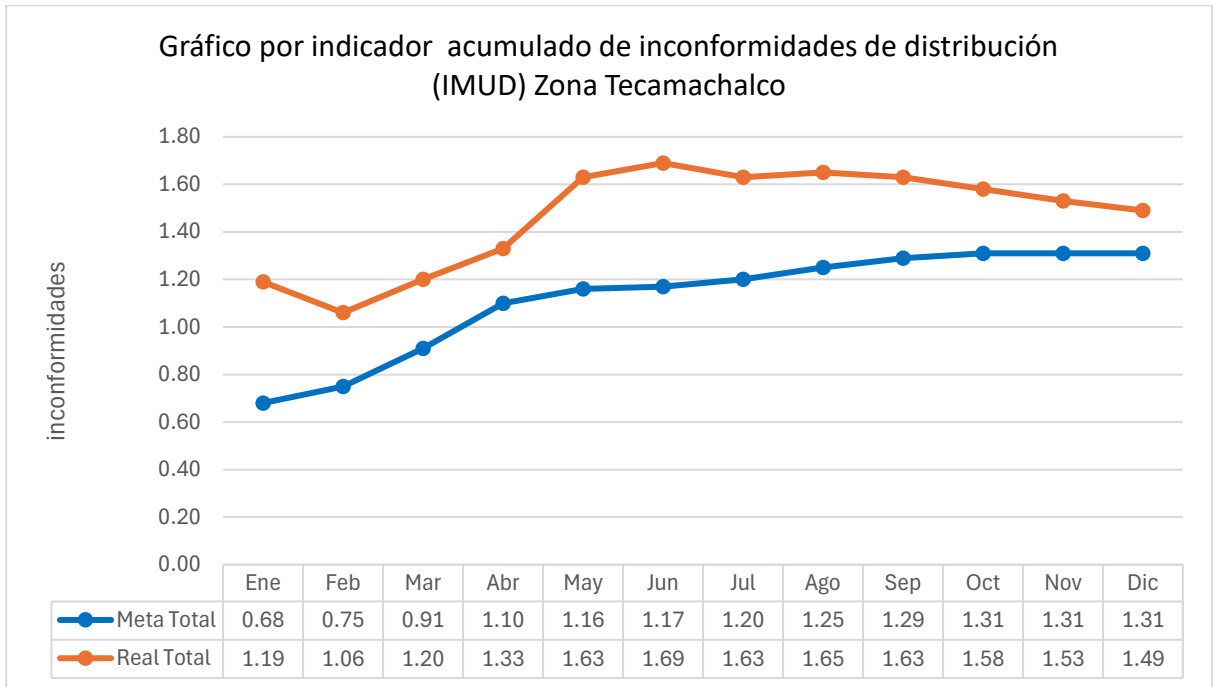
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TULANCINGO - 2023	0.75	0.7	1.06	0.75	1.22	0.82	0.78	0.71	0.68	0.55	0.57	0.77
TULANCINGO - 2022	0.59	0.56	0.78	0.77	0.66	0.93	0.67	0.96	0.65	0.6	0.59	0.73
TULANCINGO - 2021	0.7	0.56	0.74	1.04	1.13	0.9	0.89	0.92	0.9	0.75	0.5	0.43
TULANCINGO - 2020	0.94	0.89	0.96	1.11	0.8	0.95	0.91	0.84	0.72	0.72	0.7	0.68
TULANCINGO - 2019	1.1	0.97	1.04	1.24	1.1	1.23	1.16	1.17	0.72	1.13	0.99	0.79

Los gráficos que están en la página numero 73 a la 78 muestran el comportamiento de inconformidades de distribución (IMUD), por indicador de manera acumulada a nivel divisional y de zona de acuerdo con lo siguiente:









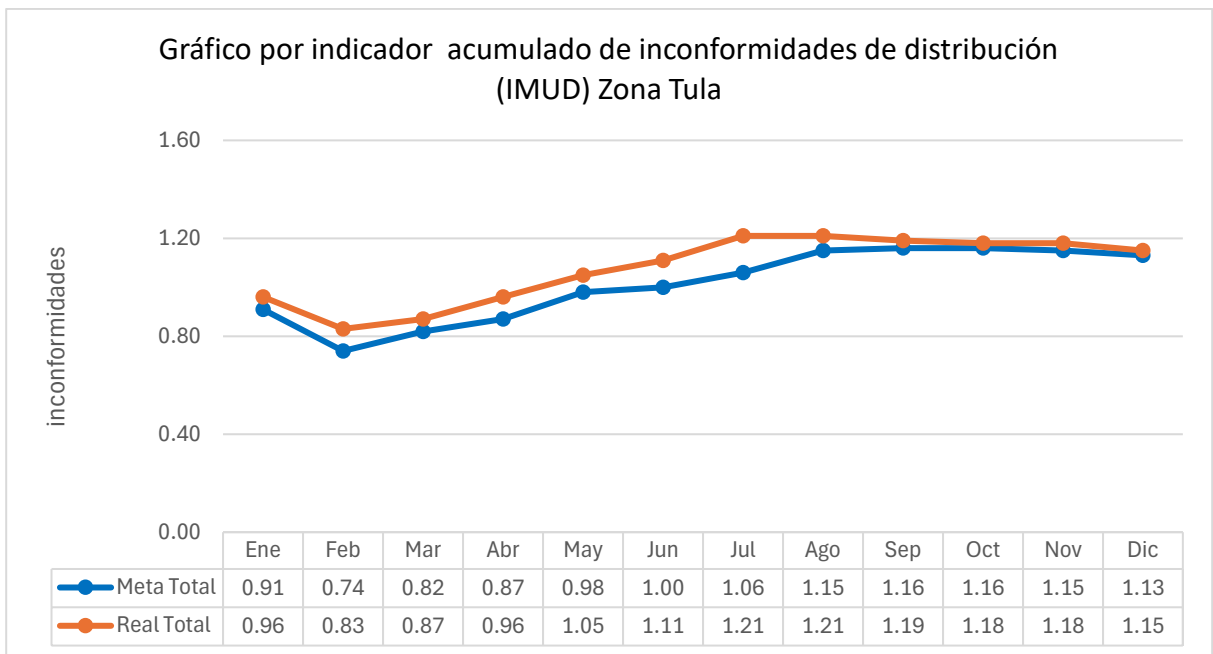
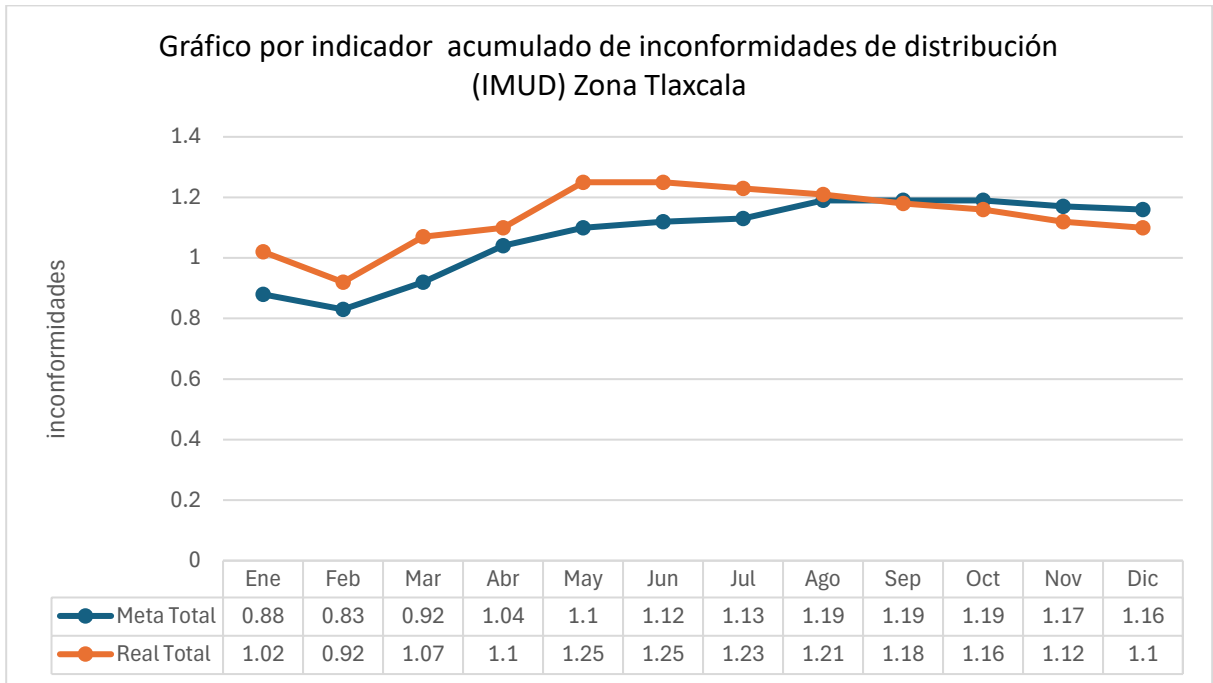
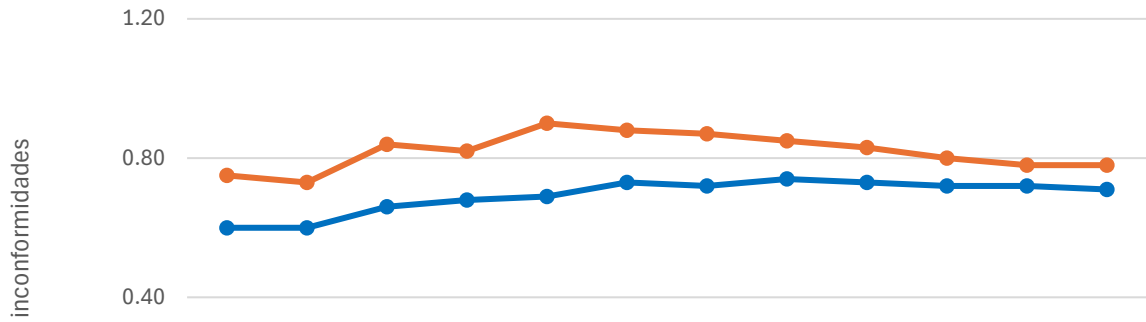


Gráfico por indicador acumulado de inconformidades de distribución (IMUD) Zona Tulancingo



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
● Meta Total	0.60	0.60	0.66	0.68	0.69	0.73	0.72	0.74	0.73	0.72	0.72	0.71
● Real Total	0.75	0.73	0.84	0.82	0.90	0.88	0.87	0.85	0.83	0.80	0.78	0.78